




NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE
U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service
Bethesda, Md.

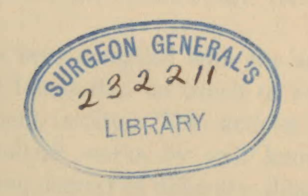


Heath's Modern Language Series

AN INTRODUCTION TO CHEMICAL GERMAN

BY

ERIC VIELE GREENFIELD, A.M.
ASSISTANT PROFESSOR OF GERMAN, PURDUE UNIVERSITY



D. C. HEATH & COMPANY, PUBLISHERS
BOSTON NEW YORK CHICAGO

1K8

PREFACE

ASIDE from the cultural benefit, which is to be derived from the study of any foreign language, three eminently practical reasons may be cited why the student specializing in chemistry should have a good reading knowledge of German.

1. Since about 1830, German scientists have played a highly important part in both theoretical and applied chemistry.

2. The German scientist is not only a thorough and intensive student, but is also a prolific writer. Thus it happens that a great preponderance of the world's chemical literature is by German authors. More magazines and periodicals dealing with chemistry are published in Germany than in any other country.

3. Many English texts on higher chemistry contain an irritatingly large number of references to works in German. Some English writers are, moreover, prone to make direct and extensive quotations from German works.

For these and other valid reasons most American universities either recommend or require that the student making chemistry his life work, study German two or three years.

This reader has been compiled with the aim of giving a broad and solid foundation on which to build for subsequent independent study. The articles have been selected from standard works by well known authors, they present varying degrees of difficulty, illustrate widely different styles of writing, and embrace many phases of the science of chemistry.

I wish herewith to express my deep gratitude and appreciation to the following writers and publishers, from whose works the articles in this book have been selected:

Hugo Kauffmann: *Allgemeine und physikalische Chemie*, Vol. 71, Sammlung Göschen, G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Berlin, 1913; Gustav Rauter: *Allgemeine chemische Technologie*, Vol. 113, Sammlung Göschen, Berlin, 1914; Hugo Bauer: *Geschichte der Chemie*, Vols. 264, 265, Sammlung Göschen, Berlin, 1914; *Die Welt der Technik*, Atlasverlag, Berlin; Georg Lunge: *Chemisch-technische Untersuchungsmethoden*, 5th edition, 1904, Verlag von Julius Springer, Berlin (an English translation of this standard work is published by D. Van Nostrand and Co., New York); C. Homann: *Anorganische Chemie*, Mentor-Repetitorien, Vol. 29, Mentor-Verlag, Berlin, 1910; Th. W. Richard: *Wolcott Gibbs*, *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, Vol. 42, Seite 5037 (1909); O. Wallach: *Briefwechsel zwischen Berzelius und Wöhler*, 2 Bde., Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901; Rudolf Arendt: *Grundzüge der Chemie und Mineralogie*, 10. Auflage, Verlag von Leopold Voss, Hamburg, 1910; Hermann Warnecke: *Der Chemiker*, Verlag von Gebrüder Jänecke, Hannover, 1900.

To my wife, Gudrida Buck Greenfield, and to my colleague James Harvey Ransom, Professor of Chemistry at Purdue University, I wish to express my hearty thanks for much valuable information and many helpful suggestions and criticisms.

E. V. G.

La Fayette, Indiana
August, 1918

TABLE OF CONTENTS

PAGE

INTRODUCTION vii

EMPFEHLENSWERTE BÜCHER xxi

TEXT

I. Einleitung 1
II. Stellung und Aufgabe der Chemie 7
III. Schwere Metalle 8
IV. Chemische Formeln 11
V. Benennung einiger Verbindungen 14
VI. Übersicht einiger chemischen Elemente und ihrer Zeichen 17
Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Eisen, Natrium, Schwefel, Phosphor, Chlor, Fluor, Blei, Quecksilber.
VII. Atomlehre 43
VIII. Valenz oder Wertigkeit 51
IX. Wasser 54
X. Natur der Oxyde 58
XI. Natur der organischen Verbindungen 60
XII. Nahrungsmittel 66
XIII. Roheisen und schmiedbares Eisen 71
XIV. Kulturgeschichtliche Bedeutung der Reduktionsprozesse 78
XV. Zuckerindustrie 81
XVI. Zündmittel, Schießpulver und Explosivstoffe 85
XVII. Zellulose und Papierfabrikation 91
XVIII. Herstellung der Seifen und Kerzen 93
XIX. Beleuchtung und Heizung 96
XX. Die Gase 106
XXI. Die Verflüssigung der Gase 118
XXII. Der Dampfdruck 121

PAGE

XXIII. Spezifische Wärme fester Körper. Atomwärme . . 123
XXIV. Flüssigkeitsgemische 128
XXV. Die Probenahme 131
XXVI. Trink- und Brauchwasser 134
XXVII. Boden 144
XXVIII. Erinnerungen an Robert Bunsen 154
XXIX. Beziehungen zwischen Wissenschaft und Industrie in Deutschland und Amerika 163
XXX. Über Färberei 171
XXXI. Über einige bedeutende Chemiker 188
Paracelsus, Agricola, Boyle, Cavendish, Priestley, Scheele, Lavoisier, Berthollet, Gay-Lussac, Dulong, Petit, Berzelius, Liebig, Wöhler, Kekulé, Kolbe.
XXXII. Wolcott Gibbs 201
XXXIII. Wöhler an Berzelius 224
XXXIV. Berzelius an Wöhler 227
XXXV. Geschichte des Zeitalters der Phlogistontheorie . . . 229
XXXVI. Chemischer Unterricht und chemische Literatur . . 241

NOTES 245
VOCABULARY 269

INTRODUCTION

In order to translate scientific German with any degree of facility and accuracy, it is absolutely essential that the student have a thorough knowledge of the participial construction and of word composition, both of which modes of expression, because of their conciseness, make especial appeal to the scientific mind and are made use of constantly.

The Participial Construction. Both the present and the perfect participle are employed in the participial construction. A few specific illustrations of the difference in the general arrangement of participial phrases in English and German may be helpful.

In einer viel Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre, *in an atmosphere containing much oxygen.*

Die auf diese Weise entstehende Verbindung, *the compound arising in this way.*

Wegen der auf diese Oberfläche senkrecht wirkenden Kraft, *on account of the force acting vertically upon this surface.*

Trotz dieses von ihm entdeckten wichtigen Gesetzes, *in spite of this important law discovered by him.*

Eine am unteren Ende nach oben gebogene Glasröhre, *a glass tube bent upward at its lower end.*

In einen mit den oben beschriebenen Gasen gefüllten Kolben, *into a flask filled with the gases described above.*

Das von dieser bekannten Fabrik gewonnene Produkt, *the product obtained by this well-known factory.*

Beim Entzünden eines in richtigem Verhältnis hergestellten Gemisches von Wasserstoff und Sauerstoff, *on igniting a mixture composed of hydrogen and oxygen in the proper ratio.*

The present participle preceded by **zu** is used as a gerundive, with a future passive sense. Thus:

Die zu wiegenden Gegenstände, *the objects to be weighed.*

Nach der später zu beschreibenden Methode, *according to the method to be described later.*

In dem von uns morgen auszuführenden Versuch, *in the experiment to be carried out by us to-morrow.*

Die kaum zu übersehende Mannigfaltigkeit der sich hieraus ergebenden Verhältnisse, *the well-nigh infinite multiplicity of ratios resulting from this (condition).*

Note that in the English participial construction the object is usually first named and then described, whereas in German the participial description stands first, the object described being the last word in the phrase.

The following rule will usually give a good translation:

Translate (1) the preposition, if there is one; (2) the article; (3) the noun; (4) the participle; (5) the intervening words.

The participial phrase may always be translated as a relative clause, and in many cases this is the best solution of the difficulty.

Word Composition. The German language permits the compounding of words almost without restriction. These composite words, because of their compactness and conciseness, are especially adapted to the requirements of scientific literature, and occur in unusually rich abundance in chemical German.

The first impulse of the average student, on encountering these compounds, is to have recourse to the Vocabulary. However, these words are always composed of short root-stems, with which the student, on reflection, will usually find himself familiar. It is, therefore, strongly recommended that the student try to deduce independently and without recourse to the lexicon, the meaning of every compound word encoun-

tered. A word thus deciphered has an added interest, is something living, and is a permanent acquisition, whereas a word composed of very simple components may be slavishly thumbed after a score of times, and still acquire no place in memory outside of the sentence in which it occurs.

EXAMPLES: *Undurchsichtigkeit*, *Rückstand*, *Widerstandsfähigkeit*, *Zusammenhang*, *zahlreich*, *Spätfrühlingsnachmittag*, *Unabhängigkeit*, *Verwirklichung*, *Bromwasserstoffentwickelung*, *Eingang*, *Merkwürdigkeit*, *ausschließlich*, *Vorbereitungsschule*, *Anziehungskraft*, *Baumwolle*, *Gleichgewicht*, *Tatsache*, *durchschnittlich*, *Einfluß*, *Bestandteil*.

It is also of prime importance that the student clearly recognize the force of the prefixes and suffixes that occur most frequently.

A knowledge of these will not only prove a great economy in time and labor, but will add very materially to the student's interest in translation and in language study generally.

–bar, usually corresponding to the English suffixes *-able*, *-ible;* sichtbar, *visible;* denkbar, *conceivable;* brauchbar, *serviceable*, *useful;* brennbar, *combustible;* teilbar, *divisible;* fühlbar, *perceptible;* verwendbar, *applicable.*

–los, corresponding to English *-less;* herzlos, *heartless;* zahllos, *countless;* bewegungslos, *motionless;* treulos, *faithless;* kraftlos, *powerless;* rücksichtslos, *without consideration.*

–mäßig, signifying *in measure*, *moderate;* regelmäßig, *regular;* verhältnismäßig, *proportional*, *relative;* zweckmäßig, *suitable;* planmäßig, *systematic.*

un–, having usually a negative force; unfähig, *incapable*, *unable;* unerfahren, *inexperienced;* das Unglück, *misfortune;* unendlich, *infinite.*

ur–, usually signifying *primeval*, *ancient;* die Ursache, *cause;* der Urwald, *primeval forest;* uralt, *ancient;* das Urvolk, *primeval people;* ursprünglich, *original.*

ver–, (*a*) signifying *away*, *forth;* verschwenden, *to spend*, *squander;* vertreiben, *to drive away;* verkaufen, *to sell;* verlieren, *to lose;* verlassen, *to leave*, *forsake;* verführen, *to mislead*, *lead astray;* verschließen, *to lock up*.

(*b*) Ver– is prefixed to numberless nouns and adjectives to denote a transformation into the state or thing expressed by these nouns and adjectives. Thus: vereinfachen, *to simplify;* vermehren, *to increase;* verdichten, *to condense;* verdünnen, *to dilute;* verdampfen, *to evaporate*.

(*c*) Ver– is also used as a verbal prefix with an intensive force (comparable to that of Latin per–). Thus: verbergen, *to hide;* verdecken, *to cover* (*completely*); vermehren, *to increase*. It has the force of 'for' in versorgen, *to provide for;* verdanken, *to be indebted for;* vertreten, *to represent*.

zer–, signifying *apart*, *in pieces;* zerstören, *to destroy;* zersetzen, *to decompose;* zerbrechen, *to break to pieces;* zertreten, *to crush;* die Zerlegung, *decomposition*, *disintegration*.

In like manner the force of the following affixes should be carefully observed and studied: **ab–**, **all–**, **an–**, **bei–**, **–ei**, **ein–**, **ent–**, **er–**, **–fach**, **fest–**, **fort–**, **frei–**(**–frei**), **–haft**, **haupt–**, **–heit**, **her–**, **hin–**, **–ig**, **–in**, **–isch**, **–keit**, **–lich**, **–mal**, **nach–**, **neben–**, **rück–**, **–schaft**, **selbst–**, **–tät**, **über–**, **–ung**, **unter–**, **vor–**, **wider–**, **wieder–**, **zu–**, etc.

WORD LIST

The following words (520) recur constantly in German chemical literature. This list has been compiled to provide the student with the basis for a ready interpretation of the text. It is earnestly recommended that the student, under the supervision of the teacher in class or independently, in the first six or eight weeks of the course,

make himself thoroughly familiar with this fundamental vocabulary.

Words derived from the same root, and words related in meaning have, as far as was practicable, been grouped together. In many instances very simple words are given, in order that the student may be led to understand more clearly the derivatives and the manner of derivation.

Antimon, *n.* antimony
Arsen, *n.* arsenic
Blei, *n.* lead
Brom, *n.* bromine
Chlor, *n.* chlorine
Eisen, *n.* iron
Erz, *n.* ore
Fluor, *n.* fluorine
Jod, *n.* iodine
Kalium, *n.* potassium
Kalzium, *n.* calcium
Kiesel, *n.* silicon
Kohlenstoff, *m.* carbon
Kupfer, *n.* copper
Mangan, *n.* manganese
Natrium, *n.* sodium
Phosphor, *m.* phosphorus
Platin, *n.* platinum
Quecksilber, *n.* mercury
Sauerstoff, *m.* oxygen
Schwefel, *m.* sulphur
Stickstoff, *m.* nitrogen
Wasserstoff, *m.* hydrogen
Wismut, *n.* (*m.*) bismuth
Zink, *n.* zinc
Zinn, *n.* tin

Ton, *m.* clay
Tonerde, *f.* alumina, aluminium oxide

Holz, *n.* wood
Kohle, *f.* coal, carbon
Holzkohle, *f.* charcoal

Dampf, *m.* vapor, steam
verdampfen, to evaporate, vaporize

Dunst, *m.* vapor, mist
verdunsten, to evaporate, vaporize

Gas, *n.* gas
gasartig, gaseous
gasförmig, gaseous

Form, *f.* form, shape
Gestalt, *f.* form, shape

Farbe, *f.* color
färben, to color, dye
entfärben, to decolorize, discolor
farblos, colorless

riechen (o, o), to smell
Geruch, *m.* smell, odor
geruchlos, odorless

schmecken, to taste
Geschmack, *m.* taste
geschmacklos, tasteless

sehen (a, e), to see
Sicht, *f.* sight
sichtbar, visible

Absicht, *f.* intention, purpose
an-sehen, to look at, examine
Ansicht, *f.* view, opinion
aus-sehen, to appear, look
Aussicht, *f.* view, prospect
durchsichtig, transparent
Undurchsichtigkeit, *f.* opacity
versehen, to provide, equip; **sich —,** to make a mistake

ähnlich, similar
Ähnlichkeit, *f.* similarity

gleich, alike, equal
gleichen (i, i), to be alike, be equal
vergleichen (i, i), to compare
Vergleich, *m.* comparison
gleichartig, of the same kind, homogeneous
gleichförmig, of like form, uniform
gleichzeitig, simultaneous

scheiden (ie, ie), to separate
aus-scheiden, to separate from, precipitate
unterscheiden, to distinguish, differentiate
Unterschied, *m.* distinction, difference
verschieden, different, unlike
Verschiedenheit, *f.* difference, variety

dick, thick, bulky
Dicke, *f.* thickness, bulk
verdicken, to thicken, coagulate

dicht, dense, close
Dichte, *f.* density
verdichten, to condense

fest, firm, solid
Festigkeit, *f.* firmness, solidity

feucht, damp, moist
Feuchtigkeit, *f.* dampness, moisture

hart, hard
Härte, *f.* hardness

naß, wet, damp
Nässe, *f.* dampness, moisture

trocken, dry
trocknen, to dry, make dry

spröde, brittle
Sprödigkeit, *f.* brittleness

zäh, tough, viscous
Zähe, *f.* toughness, viscosity
zart, tender, fine

rein, clean, pure
reinigen, to cleanse, purify, rinse
Verunreinigung, *f.* impurity

sauber, clean
schmutzig, dirty

heftig, violent, intense
sanft, gentle, soft, smooth

klar, clear
erklären, to explain; declare
Erklärung, *f.* explanation

leicht, light, easy
erleichtern, to make easy, facilitate

schwer, heavy, difficult
erschweren, to render difficult
Schwierigkeit, *f.* difficulty

gemein, common

allgemein, general, universal
im allgemeinen, in general

möglich, possible
Möglichkeit, *f.* possibility
ermöglichen, to make possible

nützlich, useful
nutzlos, useless
benutzen, to use, employ

breit, broad
verbreiten, to spread, diffuse

leer, empty
aus-leeren, to empty

voll, full
vollenden, to complete, finish
vollkommen, perfect, entire
völlig, entire, whole
füllen, to fill

starr, stiff, rigid
erstarren, to solidify, congeal

wahr, true
Wahrheit, *f.* truth
wahr-nehmen (a, o), to perceive, observe
wahrscheinlich, probable

weich, soft
weichen (i, i), to soften, yield
entweichen (i, i), to escape

ander, other
ändern, to change
verändern, to change, alter
Veränderung, *f.* change, alteration

ein, a, one
einmal, once
einzeln, single, particular, individual
einzig, only, sole, single
Einheit, *f.* unit, unity
vereinigen, to unite, combine
Vereinigung, *f.* union

Fach, *n.* compartment, division; business
einfach, simple
vielfach, manifold, various

fähig, able, capable
Fähigkeit, *f.* ability
befähigen, to enable

eigen, own, peculiar
Eigenschaft, *f.* property, characteristic
Eigentum, *n.* property, possession
eigentümlich, peculiar
geeignet, suitable, proper

sauer, sour, acid
Säure, *f.* acid

satt, saturated, satisfied
sättigen, to saturate, satisfy
Sättigung, *f.* saturation

vorhanden, at hand, present
Vorhandensein, *n.* presence

schräg, oblique
senkrecht, vertical
wagerecht, horizontal

kennen (kannte, gekannt), to know, be acquainted with
erkennen (erkannte, erkannt), to recognize
bekannt, (well) known
Kenntnis, *f.* knowledge

wissen (wußte, gewußt), to know (a fact)

Wissenschaft, *f.* science
wissenschaftlich, scientific
Gewalt, *f.* power, might
gewaltig, powerful, mighty
Kraft, *f.* strength, power
kräftig, strong, powerful
Macht, *f.* might, power
mächtig, mighty, powerful
Rohr, *n.* **–e,** reed; tube, pipe
Röhre, *f.* **–n,** tube, pipe
Mitte, *f.* middle, center
Mittel, *n.* means, medium
mittels, by means of
unmittelbar, immediate, direct
Hitze, *f.* heat
erhitzen, to heat, make hot
Mangel, *m.* defect, lack, scarcity
mangeln, to lack, be deficient
mangelhaft, defective, deficient
Not, *f.* need, want, trouble
nötig, necessary
notwendig, necessary, requisite
Menge, *f.* quantity, great number
Gemenge, *n.* mixture
Regel, *f.* rule
in der Regel, as a rule, usually
regelmäßig, regular
Gift, *n.* poison
giftig, poisonous
Ursprung, *m.* origin
ursprünglich, original
fallen (ie, a), to fall
fällen (*weak*), to precipitate
Fall, *m.* fall; case
falls, in case that, provided
jedenfalls, in any case, at all events
lösen, to loosen, dissolve
auf-lösen, to dissolve
löslich, soluble
Löslichkeit, *f.* solubility
Lösung, *f.* solution
Lösungsmittel, *n.* solvent
mischen, to mix
Mischung, *f.* mixture
bewegen, to move
Bewegung, *f.* movement, motion
bewegungslos, motionless
drehen, to turn, twist
Draht, *m.* wire
rühren, to stir
berühren, to touch
Berührung, *f.* contact
spalten, to split, crack
Spalt, *f.* split, fissure
entwickeln, to develop
Entwicklung, *f.* development
fließen (o, o), to flow
Fluß, *m.* river, stream
Einfluß, *m.* influence
beeinflussen, to influence
Überfluß, *m.* superfluity, excess
flüssig, liquid
Flüssigkeit, *f.* liquid
fliehen (o, o), to flee, escape
Flucht, *f.* flight
flüchtig, volatile

verflüchtigen, to volatilize

bedeuten, to mean, signify
bedeutend, important, considerable
Bedeutung, *f.* meaning, importance

berichten, to report
Bericht, *m.* report, account

forschen, to inquire into, investigate
Forscher, *m.* investigator, scholar
Forschung, *f.* inquiry, investigation

weisen (ie, ie), to show, direct
an-weisen (ie, ie), to refer to, assign to
beweisen (ie, ie), to prove
Beweis, *m.* proof
nach-weisen (ie, ie), to point out, prove

erzeugen, to produce, generate
Erzeugnis, *n.* product, production

brauchen, to need; use
gebrauchen, to use
Gebrauch, *n.* use; custom

gießen (o, o), to pour
Gußeisen, *n.* cast iron

spüren, to trace, feel
Spur, *f.* trace, track

dienen, to serve
Dienst, *m.* service
bedienen (sich einer Sache), to use, make use of
verdienen, to earn, deserve

besprechen (a, o), to discuss
entsprechen (a, o), to correspond to
versprechen (a, o), to promise

auf-hören, to stop, cease
gehören, to belong to

neigen, to incline, tend
Neigung, *f.* inclination, tendency

binden (a, u), to bind, tie
verbinden, to combine, unite
Verbindung, *f.* combination, union

brennen (brannte, gebrannt), to burn
brennbar, combustible
Brennbarkeit, *f.* combustibility
Brennstoff, *m.* combustible matter, fuel

sein (war, ist gewesen), to be
Dasein, *n.* existence
Wesen, *n.* existence, being, substance
abwesend, absent
anwesend, present

folgen, to follow
Folge, *f.* consequence, result
Folgerung, *f.* conclusion, deduction
Erfolg, *m.* result, success
verfolgen, to pursue, follow

hangen (i, a), to hang, be suspended
ab-hangen, to hang from, depend
abhängig, dependent

Unabhängigkeit, *f.* independence

Zusammenhang, *m.* connection, relation

legen, to lay, place

zerlegen, to decompose, analyze

Zerlegung, *f.* decomposition

messen (a, e), to measure

Maß, *n.* measure, dimension

mäßig, moderate

nehmen (nahm, genommen), to take

ab-nehmen, to take away, diminish

Abnahme, *f.* deduction, diminution

an-nehmen, to accept, assume

Annahme, *f.* assumption

aus-nehmen, to take out, except

Ausnahme, *f.* exception

zu-nehmen, to increase

Zunahme, *f.* increase, addition

drücken, to press, squeeze

Druck, *m.* pressure

Ausdruck, *m.* expression

Eindruck, *m.* impression

fordern, to demand

erfordern, to require, necessitate

erforderlich, requisite, necessary

fahren (u, a), to move, proceed

erfahren, to experience, undergo, learn

Erfahrung, *f.* experience

fort-fahren, to continue

gehen (ging, gegangen), to go

Gang, *m.* path, way

über-gehen, to pass over

Übergang, *m.* transition

Vorgang, *m.* process

zugänglich, accessible

kommen (a, o), to come

bekommen, to get, obtain, receive

vor-kommen, to occur, be found

schaden, to injure

Schade, *f.* damage, injury, loss

schädlich, injurious

finden (a, u), to find

sich befinden, to be, be situated

empfinden, to feel, perceive

empfindlich, sensitive

erfinden, to invent

Erfindung, *f.* invention

statt-finden, to take place, happen

suchen, to seek, look for

untersuchen, to investigate, examine

versuchen, to try, experiment

Versuch, *m.* attempt, experiment

halten (ie, a), to hold

behalten, to keep, preserve

enthalten, to contain

erhalten, to receive, get

unterhalten, to support, keep

sich verhalten, to behave, act, bear a relation to

Verhältnis, *n.* relation, proportion
verhältnismäßig, relative, proportionate

Gehalt, *m.* content, quality, constituents
Inhalt, *m.* contents, capacity

tun (tat, getan), to do, act
Tat, *f.* deed, act
tätig, active
Tätigkeit, *f.* activity
Tatsache, *f.* fact

wirken, to work, operate
bewirken, to effect, bring about
Wirkung, *f.* effect, result
Einwirkung, *f.* action, influence
wirksam, effective

wenden (wandte, gewandt; *also weak*), to turn
an-wenden, to employ, use
Anwendung, *f.* employment, use
verwenden, to employ, use
verwandt, related
Verwandtschaft, *f.* relationship, affinity

wiegen (o, o), to weigh
vor-wiegen, to preponderate, predominate
Gewicht, *n.* weight
Gleichgewicht, *n.* equilibrium
wichtig, weighty, important
Wage, *f.* scales, balance

setzen, to set, place
aus-setzen, to expose, subject to
auseinander-setzen, to decompose, analyze
entgegen-setzen, to oppose
ersetzen, to replace, substitute
Ersatz, *m.* substitute
fort-setzen, to continue, proceed
Gesetz, *n.* law
versetzen, to mix, treat with
zersetzen, to decompose
Zersetzung, *f.* decomposition
zusammen-setzen, to put together, compose
Zusammensetzung, *f.* composition, compound
zu-setzen, to add to, mix with
Zusatz, *m.* addition, admixture

stellen, to place, put
dar-stellen, to show, represent
Darstellung, *f.* representation, exhibit
fest-stellen, to establish, determine
her-stellen, to manufacture, produce
Herstellung, *f.* manufacture, production

stehen (stand, gestanden), to stand
Abstand, *m.* interval, space
bestehen, to exist
bestehen aus, to consist of
beständig, stable, lasting
Bestandteil, *m.* constituent, component
enstehen, to arise, originate
Entstehung, *f.* origin

Gegenstand, *m.* object, subject
Rückstand, *m.* residue
Umstand, *m.* circumstance
verstehen, to understand
verständlich, intelligible, clear
vollständig, complete, entire
widerstehen, to resist
Widerstand, *m.* resistance
Zustand, *m.* state, condition

tragen (u, a), to carry, bear
betragen, to amount to
Betrag, *m.* amount, total
ertragen, to endure, bear
Vortrag, *m.* lecture

scheinen (ie, ie), to shine, seem
erscheinen, to appear
Erscheinung, *f.* appearance, phenomenon
Schein, *m.* shine; appearance
scheinbar, seeming, apparent

teilen, to divide
Teil, *m.* part, portion
teilbar, divisible
Teilbarkeit, *f.* divisibility
teils, partly, partially
teilweise, partly, partially
Abteilung, *f.* division, section
erteilen, to impart, give to
mit-teilen, to inform
Nachteil, *m.* disadvantage, drawback
Vorteil, *m.* advantage
vorteilhaft, advantageous

zählen, to count
Anzahl (Zahl), *f.* number
bezahlen, to pay for
zahllos, countless, innumerable
zahlreich, numerous

ziehen (zog, gezogen), to draw, pull
an-ziehen, to attract
Anziehung, *f.* attraction
Anziehungskraft, *f.* attractive force

Acht, *f.* heed, attention
in acht nehmen, to watch, give attention to
beobachten, to observe
betrachten, to consider, look at
in Betracht nehmen, to take into consideration

Sache, *f.* thing, affair
Hauptsache, *f.* chief thing *or* affair
hauptsächlich, principal, chief
Nebensache, *f.* secondary thing *or* matter
Ursache, *f.* cause
verursachen, to cause

schaffen (u, a), to create, produce
Beschaffenheit, *f.* quality, character, constitution

bald . . . bald, now . . . now
entweder . . . oder, either . . . or
weder . . . noch, neither . . . nor
je . . . je, the . . . the
je . . . desto, the . . . the
je . . . umso, the . . . the

allmählich, gradual
Anstalt, *f.* establishment, institution

an-zünden, to ignite, light
Art, *f.* kind, species, manner
Aufgabe, *f.* task, problem
aus-üben, to exert, exercise
begleiten, to accompany
behandeln, to treat
Beispiel, *n.* example
bereiten, to prepare
beschleunigen, to accelerate
besonders, especially
bezeichnen, to designate
blaß, pale
bloß, mere, bare
Boden, *m.* earth, ground, bottom
dauern, to last, continue
deutlich, distinct, clear, lucid
durchschnittlich, average, on the average
eng, narrow
entdecken, to discover
Ergebnis, *n.* result
erleiden (erlitt, erlitten), to undergo, endure
Fabrik, *f.* factory
Flasche, *f.* flask, bottle
fortwährend, continual, continuous
gediegen, free, pure
Gefahr, *f.* danger
gefährlich, dangerous
Gefäß, *n.* container, vessel
gelten (a, o), to be worth, be considered, hold good, be a question of
genau, exact
gering, slight, small
gewiß, certain
gewöhnlich, usual, customary
Grenze, *f.* boundary, limit
Handel, *m.* business, trade
häufig, frequent
hell, clear, bright
herrschen, to rule, prevail
höchstens, at the highest, at most
kochen, to cook, boil
Kolben, *m.* large flask, carboy
Körper, *m.* body
Kunst, *f.* art
langsam, slow
leiden (litt, gelitten), to suffer, undergo
leisten, to do, perform, supply, give
liefern, to deliver, yield
namentlich, especially
nämlich, namely
Niederschlag, *m.* precipitate
niedrig, low
Öl, *n.* oil
plötzlich, sudden
prüfen, to examine, test
rasch, quick, speedy
Rauch, *m.* smoke, fume
Raum, *m.* space, room
Reihe, *f.* row, series
Richtung, *f.* direction
ruhen, to rest, repose
ruhig, quiet, still
sammeln, to collect
sanft, gentle, mild
Schicht, *f.* layer, stratum
schmelzen (o, o), to melt, fuse
schmelzbar, fusible
schütteln, to shake

sonderbar, unusual, peculiar
sonst, else, otherwise; moreover; formerly
Staub, *m.* dust
stets, always, constantly
Tropfen, *m.* drop
übrig, left, remaining
ungefähr, approximately, about
ungeheuer, huge, immense
veranlassen, to occasion, cause
verbessern, to better, improve
verdanken, to owe, be indebted to
verderben (a, o), to spoil, decay
verdichten, to condense
verdoppeln, to double
verdünnen, to dilute
vergrößern, to enlarge, increase
verkleinern, to diminish, decrease
verkürzen, to shorten
verlängern, to lengthen
verlangsamen, to retard
Verlust, *m.* loss
vermehren, to increase, multiply
vermindern, to decrease, diminish
verringern, to lessen, diminish
verschwinden (a, u), to vanish, disappear
verwandeln, to transform, turn into
verwittern, to decay, crumble
Vorrat, *m.* stock, supply
Weise, *f.* way, manner
wiederholen, to repeat
Ziel, *n.* goal, aim, object
Zutritt, *m.* access
zuweilen, at times
Zweck, *m.* purpose, aim

EMPFEHLENSWERTE BÜCHER

Geschichte der Chemie

Bauer: *Geschichte der Chemie;* Sammlung Göschen, 264, 265. Berlin, 1906.

Kopp: *Geschichte der Chemie.* 4. Bd. Braunschweig, 1843.

v. Meyer, E.: *Geschichte der Chemie.* 3. Auflage. Leipzig, 1905.

Ostwald: *Lehrbuch der allgemeinen Chemie.* Leipzig, 1902.

Ramsay, W.: *Vergangenes und Künftiges aus der Chemie.* Leipzig, 1909.

Allgemeine und physikalische Chemie

Traube: *Grundriß der physikalischen Chemie.* Stuttgart, 1904.

Walker: *Einführung in die physikalische Chemie.* Braunschweig, 1904.

Soddy: *Die Chemie der Radioelemente.* Leipzig, 1912.

Ostwald: *Grundriß der Kolloidchemie.* Dresden, 1909.

Nernst: *Theoretische Chemie.* 7. Aufl. Stuttgart, 1913.

Löb: *Grundzüge der Elektrochemie.* 2. Aufl. Leipzig, 1910.

Kauffmann: *Die Valenztheorie.* Stuttgart, 1911.

Curie: *Die Radioaktivität.* 2 Bände. Leipzig, 1912.

Eder: *Photochemie.* 3. Aufl. Halle a. S., 1906.

v. Jüptner: *Lehrbuch der physikalischen Chemie.* Leipzig u. Wien, 1905.

Planck: *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung.* 2. Aufl. Leipzig, 1913.

Roloff: *Grundriß der physikalischen Chemie.* Leipzig, 1907.

Sackur: *Lehrbuch der Thermochemie und Thermodynamik.* Berlin, 1912.

Kayser: *Handbuch der Spektroskopie.* 6. Bände. Leipzig, 1900–1912.

Ostwald: *Grundriß der allgemeinen Chemie.* 4. Aufl. Leipzig, 1909.

Ostwald: *Lehrbuch der allgemeinen Chemie.* 2. Bände. 2. Aufl. Leipzig, 1911.

Le Blanc: *Lehrbuch der Elektrochemie.* 4. Aufl. Leipzig, 1906.

Herz: *Leitfaden der theoretischen Chemie.* Stuttgart, 1912.

Chemische Technologie

Dammer: *Handbuch der chemischen Technologie.* 5 Bände. Stuttgart, 1895–1898.

Rauter: *Anorganische Chemische Industrie.* 3 Bände. Leipzig, 1904.

Rauter: *Die Betriebsmittel der chemischen Technik.* Hannover, 1905.

Lunge: *Handbuch der Sodaindustrie und ihrer Nebenzweige.* 3. Aufl. Braunschweig, 1903.

Fischer: *Handbuch der chemischen Technologie.* 4. Aufl. Leipzig, 1902.

Ost: *Lehrbuch der chemischen Technologie.* 6. Aufl. Hannover, 1908.

Lunge: *Chemisch-technische Untersuchungsmethoden.* 3 Bände. Berlin, 1904.

v. Lippmann: *Die Chemie der Zuckerarten.* 2 Bände. 3. Aufl. Braunschweig, 1904.

Richter, M. M.: *Lexikon der Kohlenstoffverbindungen.* 2 Bände. Hamburg, 1900.

Verschiedenes

Patterson: *German-English Dictionary for Chemists.* John Wiley & Sons, New York, 1917.

Meyer und Jacobson: *Lehrbuch der organischen Chemie.* 4 Bände. 2. Aufl. Leipzig, 1907.

Beilstein: *Handbuch der organischen Chemie.* 4 Bände. 3. Aufl. Hamburg, 1893. Auch 5 Ergänzungsbände, 1901.

Abegg und Auerbach: *Handbuch der Anorganischen Chemie.* 4 Bände. Leipzig, 1908.

Dammer: *Handbuch der Anorganischen Chemie.* 3 Bände. 2. Aufl. Stuttgart, 1904.



AN INTRODUCTION TO CHEMICAL GERMAN

I. Einleitung

Die Veränderungen, welche wir in der uns umgebenden Körperwelt[1] wahrnehmen, sind teils physikalischer, teils chemischer Natur. Rein physikalische Vorgänge sind die Ortsveränderungen[2] und die Zerteilung der Körper, ihre Temperaturwechsel, die Farbänderungen, welche die 5 verschiedene Beleuchtung bewirkt, die elektrische Ladung der Metalle, kurz, solche Vorgänge, welche nur den Zustand eines Körpers, nicht aber seine stoffliche Beschaffenheit antasten. Chemische Vorgänge dagegen sind solche, bei welchen sich eine Umwandlung des Stoffes voll- 10 zieht, wie etwa beim Rosten, Verbrennen oder Vergären.[3]

Die Aufgaben der Physik und Chemie sind nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, und zwischen ihnen liegt ein Arbeitsgebiet, in welchem sich beide Wissenschaften begegnen. Dieses Gebiet umgreift zunächst solche Fragen, 15 bei welchen, wie etwa bei den Lösungen, die Unterscheidung zwischen physikalisch und chemisch bedeutungslos werden kann. In seinem Rahmen sind aber noch ganz andere, viel allgemeinere Fragen zu behandeln.[4] Die chemischen Vorgänge hangen von den Versuchsbedingun- 20 gen ab und richten sich nach den verschiedenartigsten physikalischen Einflüssen, nach dem Druck, der Tem-

peratur, der Beleuchtung usw. Sie sind zumeist begleitet von einer Entwicklung von Wärme, unter Umständen auch von Elektrizität oder Licht, und so tritt klar zutage, daß eine tiefere Erforschung chemischer Vorgänge ohne gleichzeitige volle Berücksichtigung der physikalischen Verhältnisse nicht erfolgen kann. Man heißt daher denjenigen Zweig der chemischen Forschung, welcher die Gesetze des chemischen Geschehens [5] unter Zuhilfenahme physikalischer Mittel zu ergründen sucht, physikalische Chemie. Da es sich dabei im Gegensatz zur speziellen Chemie, welche sich nur mit dem besonderen Verhalten der einzelnen Stoffe befaßt, um die Ableitung möglichst allgemeiner Grundsätze handelt, nennt man diesen Zweig auch allgemeine Chemie.

Das chemische Verhalten der Stoffe ist der Inbegriff dessen, was man als chemische Eigenschaften bezeichnet. Die chemischen Eigenschaften sind von Fall zu Fall verschieden und abhängig von der Natur der Stoffe. Aber nicht allein die chemischen, sondern auch viele physikalische Eigenschaften, am sinnenfälligsten die Farbe, offenbaren eine solche Abhängigkeit. Die Erforschung dieser Abhängigkeit ist ein weiteres wichtiges Arbeitsgebiet der allgemeinen oder physikalischen Chemie.

Sämtliche physikalische und chemische Anschauungen werden von zwei Grundgesetzen beherrscht, die als sichere, unerschütterliche Unterlagen überhaupt jeglicher naturwissenschaftlichen Betrachtung gelten. Das eine ist das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes, das andere das Gesetz von der Erhaltung der Energie.

Das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes, dessen große Bedeutung zuerst Lavoisier [6] (1743–1794) erkannte, spricht aus, daß bei allen chemischen Vorgängen die Summe der

Gewichte der Stoffe völlig unverändert bleibt. Die Gewichte messen die Mengen des Stoffes, und daher drückt das Gesetz aus, daß trotz aller Änderungen die Gesamtmenge des Stoffes weder eine Einbuße noch einen Gewinn erfährt. Der Stoff wechselt also nur seine Beschaffenheit, ist aber unzerstörbar. Um das Gesetz von der Erhaltung des Stoffes zu prüfen, hat man chemische Vorgänge, in zugeschmolzenen Glasgefäßen, in welchen durch geeignetes Neigen Substanzen zur gegenseitigen Einwirkung gebracht werden konnten, sich vollziehen lassen.[7] Die neuesten Versuche dieser Art hat Landolt[8] (1907) ausgeführt, der zeigte, daß selbst, wenn man die Wägungen mit den feinsten modernen Hilfsmitteln vornimmt, Gewichtsdifferenzen des Gefäßes vor und nach dem chemischen Vorgang nicht auftreten.

Die Stoffe teilt man in zusammengesetzte und einfache ein und erreicht dadurch eine klarere Einsicht in das Gesetz von der Erhaltung des Stoffs. Alle diejenigen Substanzen, aus welchen man andere, also einfachere Stoffe abzuscheiden und welche man daher auch durch Vereinigung anderer herzustellen vermag, nennt man zusammengesetzte Stoffe oder chemische Verbindungen, diejenigen dagegen, bei welchen eine weitere Zerlegung nicht mehr gelingt, einfache oder Grundstoffe oder chemische Elemente. Die zusammengesetzten Stoffe sind chemische Verbindungen der Elemente, und die letzteren werden kurz als ihre Bestandteile bezeichnet. Sowohl die physikalischen als auch die chemischen Eigenschaften der einzelnen Elemente gehen durch die chemische Vereinigung verloren, und der entstandene zusammengesetzte Stoff besitzt neue Eigenschaften, die in nichts mehr an die Eigenart der Bestandteile erinnern. So gibt die schwarze,

unschmelzbare und unverdampfbare Kohle mit dem gelben, erst oberhalb 100° schmelzenden Schwefel den farblosen, leicht flüchtigen, flüssigen Schwefelkohlenstoff.

Man darf keineswegs annehmen, daß die Elemente
5 zugleich auch die allerletzten Bestandteile der Stoffe seien. Sie sind nur als die näheren Bestandteile aufzufassen,[9] deren weitere Zerlegung wohl gegenwärtig noch keine Aussicht auf Erfolg hat, aber vielleicht mit künftigen Erfahrungen und Hilfsmitteln dennoch glückt. Wie
10 dem indessen auch sein mag,[10] für die Chemie sind die jetzt als Elemente geltenden Stoffe die Bausteine, aus welchen sich die Körperwelt zusammenfügt. Die Elemente können nicht ineinander umgewandelt und ihre Mengen daher nicht vergrößert oder verkleinert werden.
15 Bei chemischen Vorgängen gehen sie neue oder andere Verbindungen ein; da dabei ihre Menge sich nicht ändert, so wird auch das Gewicht kein anderes und die Erhaltung des Stoffes leicht verständlich.

Das Gesetz von der Erhaltung der Energie wurde von
20 Robert Mayer[11] (1842) erkannt und von Helmholtz[12] (1847) auf die verschiedensten Gebiete exakt angewandt. Unter Energie versteht man die Fähigkeit eines Systems von Körpern, Arbeit zu leisten, und die geleistete Arbeit mißt die Abnahme der Energie. Die mechanische Arbeit
25 wird nach Meterkilogramm gemessen; ihre Einheit ist diejenige Arbeit, die erforderlich ist, um 1 kg 1 m[13] zu heben, oder allgemein, um den Widerstand von 1 kg auf dem Wege von 1 m zu überwinden. Im absoluten Maßsystem rechnet man mit einer kleineren Einheit, mit Erg,
30 d. h. mit einer Arbeit, die beim Überwinden einer Dyne (Krafteinheit) auf einen Zentimeter zu leisten ist. 1 mkg hat $980{,}6 \cdot 10^5$ Erg[14] und 1 cmg[15] 980,6 Erg. Da ein Erg

sehr klein ist, wird häufig eine 10^7 [16] größere Einheit verwendet, die in der Elektrotechnik als Joule, abgekürzt j, bezeichnet wird. 1 Kilojoule, kj, besteht aus 1000 j.

Jeder Vorgang, der sich von selbst abspielt, kann Arbeit leisten; nur bedarf es zur Gewinnung der Arbeit gewisser maschineller Einrichtungen. Die Arbeitsfähigkeit eines Systems kann auf verschiedenen Ursachen beruhen, und je nachdem unterscheidet man verschiedene Energieformen. Handelt es sich nur um rein mechanische Vorgänge, wie bei fallendem Wasser oder aufgezogenen Uhrwerken, so spricht man von mechanischer Energie. Ein Körper, der heißer ist als seine Umgebung, kühlt sich von selbst ab, kann also Arbeit liefern und ist Träger von thermischer oder Wärmeenergie. Ein elektrisch geladener Körper ist der Sitz elektrischer Energie, und ein System von Stoffen, die chemisch aufeinander einwirken können, wie z. B. Luft auf Kohle, birgt chemische Energie. Auch das Licht kann Arbeit leisten, und alle durchstrahlten Räume und Substanzen enthalten Lichtenergie.

Die verschiedenen Energieformen sind ineinander verwandelbar. Mechanische Arbeit geht bei der Reibung in Wärme und mit Hilfe von Dynamos in elektrische Energie über. Chemische Energie erzeugt Wärme und Licht. Der Satz von der Erhaltung der Energie sagt nun aus, daß *bei allen Veränderungen, die sich in einem abgeschlossenen System vollziehen, die Gesamtsumme der Energie stets gleich groß bleibt.*[17] Jeder Betrag, der von irgend einer der Energiearten verschwindet, wird durch das Entstehen der gleichwertigen Menge einer anderen Art völlig ausgeglichen.

Jede Energieart hat ihre eigene Maßeinheit, und man muß daher auf experimentellem Wege[18] ermitteln, welche Beträge der verschiedenen Arten einander gleichwertig sind. Die Wärme wird in Kalorien gemessen. Man versteht unter einer Kalorie diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur eines Gramms reinen destillierten Wassers von 15° um einen Grad zu erhöhen. Da dieser Betrag, die Grammkalorie, welchen man durch das Symbol „cal." ausdrückt, ziemlich klein ist, so ist noch eine tausendmal größere, sich auf ein kg Wasser beziehende Einheit im Gebrauch, die als große Kalorie bezeichnet und bei der Abkürzung „Cal." geschrieben wird. Neben diesen werden häufig noch andere Kalorien angewendet, die zwar fast von gleicher Größe sind, aber immerhin Differenzen zeigen, die bei genauen Messungen ins Gewicht fallen. Die Nullpunktskalorie ist die Wärmemenge, welche 1 g Wasser von 0° auf 1° erwärmt, und die mittlere Kalorie ist der hundertste Teil der Wärme, welche für die Erwärmung von 1 g Wasser von 0° auf 100° nötig ist.

Man nennt den Arbeitsbetrag, welcher einer Kalorie gleichwertig ist, also bei seiner völligen Umwandlung in Wärme gerade eine Kalorie erzeugt, mechanisches Wärmeäquivalent. Dieses Äquivalent wurde erstmals von Robert Mayer berechnet, bald darauf von Joule[19] (1850) experimentell ermittelt und beträgt nach neueren Versuchen für eine cal. 42 720 cmg oder 41,89 Millionen Erg oder 4,189 Joule.

HUGO KAUFFMANN: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 5; Band 71, Sammlung Göschen.

II. Stellung und Aufgabe der Chemie

Die Chemie ist ein Zweig der beobachtenden Naturwissenschaften (Naturlehre), welcher das Verhalten der Naturkörper, das heißt deren[1] Veränderungen unter verschiedenen Umständen studiert und zugleich die Ursachen der Naturerscheinungen erforscht. (Andere Zweige der beobachtenden Naturwissenschaften: Physik, Physiologie, Geologie und Astronomie.) Die Chemie speziell hat es nur mit den substantiellen Veränderungen der Naturkörper, d. h. mit den Veränderungen des Stoffes zu tun und deren Ursachen aufzufinden.

Die substantiellen (chemischen) Veränderungen beruhen entweder (wie in den meisten bisher betrachteten Fällen) auf einer Verbindung zweier[2] (oder mehrerer) Körper zu einem neuen: chemische Verbindung oder Synthese, oder auf einer Trennung eines Körpers in Bestandteile verschiedener Natur: chemische Zersetzung oder Analyse, z. B. Zersetzung des Quecksilberoxyds durch Erhitzen in Quecksilber und Sauerstoff. Das Produkt einer Synthese ist ein zusammengesetzter Körper oder eine chemische Verbindung; die Substanzen, aus denen sie besteht, heißen ihre Bestandteile. Die Verbindungen bestehen meist aus zwei (binäre) oder drei (ternäre) Bestandteilen, seltener aus vier (quaternäre). Verbindungen mit mehr als 4 Bestandteilen sind schon recht selten. Chemischer Prozeß oder chemische Reaktion ist die allgemeine Bezeichnung für chemische Vorgänge aller Art. Körper, die aufeinander chemisch einwirken (reagieren), heißen Agenzien oder Reagenzien. Auf dem Wege der Analyse gelangt man zu einfacheren

Stoffen; Stoffe, die sich mit den uns heute zu Gebote stehenden Hilfsmitteln nicht mehr chemisch zerlegen lassen,[3] heißen Urstoffe oder Elemente.

Die Zahl der chemischen Verbindungen ist außerordentlich groß, denn mit Ausnahme weniger Metalloide und Metalle (C, S, Sb, As, Bi, Fe, Cu, Pb, Hg, Ag, Au, Pt), die sich überdies in verhältnismäßig sehr geringer Menge im Mineralreich finden, und des die Atmosphäre bildenden freien O und N, sind alle Körper, welche die Erde trägt und die ihre Rinde, soweit sie uns bekannt ist, enthält, zusammengesetzter Natur. Trotz der unendlichen Mannigfaltigkeit dieser zahllosen lebenden und leblosen (organischen und anorganischen) Gebilde ist die Zahl der Urstoffe, aus denen dieselben zusammengesetzt sind, doch eine sehr beschränkte; denn bis jetzt sind nur etwa 80 Elemente bekannt.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 46.

III. Schwere Metalle

ÄUSZERE ODER PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Unter den leblosen (anorganischen) Naturkörpern haben die Metalle infolge gewisser Eigentümlichkeiten von jeher die Aufmerksamkeit der Menschen in hohem Grade angezogen. Diese Eigentümlichkeiten sind: Glanz, Farbe, spezifisches Gewicht, bei einigen auch Festigkeit, Härte und Elastizität; ferner die Verwendbarkeit zu mancherlei Zwecken infolge leichter Verarbeitbarkeit, welche ihrerseits zum Teil auf der Dehnbarkeit, zum Teil auf der Schmelzbarkeit und Schweißbarkeit beruht; die Undurchdringlichkeit für Flüssigkeiten, die Undurchsichtigkeit u. dgl. mehr.

Der Glanz ist bei den Metallen so eigentümlicher Art, wie nur bei wenig anderen Naturkörpern; daher geradezu „Metallglanz“ genannt. In der Farbe sind die einzelnen Metalle, wie bekannt, verschieden; die meisten sind weiß oder grau; immer haben aber die Metallfarben etwas so Charakteristisches, daß man besondere Farbenbezeichnungen darauf gegründet hat, z. B. silberweiß, kupferrot, goldgelb, bleigrau. Auch in bezug auf das spezifische Gewicht kommen große Verschiedenheiten vor; die dichtesten aller Körper müssen unter den Metallen gesucht werden (Platin, Gold, Silber, Quecksilber, Blei). Festigkeit ist der Widerstand, den ein Körper der Trennung seiner Teile durch mechanische Kräfte entgegensetzt; sie wird durch Belasten mit Gewichten bestimmt und in Gewichtsgrößen ausgedrückt. Härte, eine besondere Art der Festigkeit, ist der Widerstand, den ein Körper der Trennung seiner Teile durch das Eindringen von Spitzen oder Schneiden entgegensetzt; sie wird durch Ritzen mit Körpern von bekannter Härte bestimmt und in Graden der Härteskala (vom geringsten zum höchsten Härtegrade aufsteigend: 1. Talk; 2. Steinsalz; 3. Kalkspat; 4. Flußspat; 5. Apatit; 6. Feldspat; 7. Quarz; 8. Topas; 9. Korund; 10. Diamant) ausgedrückt. Es gibt harte Körper, welche weniger fest sind als weichere, z. B. Glas im Vergleich mit Eisen. Ebenso schließt die Härte die Sprödigkeit (s. unten) nicht aus, z. B. Glas, selbst[1] Edelsteine, welche durchschnittlich härter sind als die Metalle und dabei auch in Sprödigkeit vielen der letzteren voranstehen. Elastizität ist die Kraft im Innern der (festen) Körper, welche kleine Formveränderungen derselben, die durch Einwirkung äußerer Kräfte erzeugt sind, wieder aufzuheben strebt (Zug-, Biegungs-,

Druck- und Drehungselastizität des Kautschuks und Stahls). Diese Kraft wirkt nur innerhalb einer bestimmten Grenze (Elastizitätsgrenze), welche bei den einzelnen Körpern verschieden ist. Wird [2] diese Grenze überschritten, so nehmen die Körper entweder eine neue Gestalt an, in der sie verbleiben (dehnbare oder duktile Körper), oder der Zusammenhang ihrer Teile geht verloren (spröde Körper). Demnach ist die Dehnbarkeit die Eigenschaft der (festen) Körper, nach Überschreitung der Elastizitätsgrenze, eine neue Form anzunehmen, Sprödigkeit dagegen die Eigenschaft derselben, nach Überschreitung der Elastizitätsgrenze in Stücke zu zerfallen (Glasröhre). Die Dehnbarkeit macht sich besonders beim Ziehen, Hämmern und Walzen (ziehbare, hämmerbare und walzbare Körper) oder auch beim Biegen (biegsame Körper) geltend; zeigt ein Körper bei hinreichender Dehnbarkeit großen innern Zusammenhang, verträgt er also z. B. starken Zug und wiederholtes Hin- [3] und Herbiegen, so heißt er zähe. Schweißbarkeit endlich besitzt ein Metall, wenn es beim Erhitzen nicht sofort schmilzt, sondern erst weich wird und sich in diesem Zustande durch Druck oder Schlag beliebig formen und mit anderen erweichten Stücken zusammenarbeiten läßt.[4]

Nicht jedes Metall besitzt alle diese Eigenschaften in ausgezeichnetem Grade; bei einigen z. B. fehlt oder ist schwach die Elastizität, Härte, Festigkeit, bei anderen die Dehnbarkeit, bei noch anderen die Schweißbarkeit usw., aber wenigstens sind doch immer mehrere vorhanden, die dem betreffenden Metall seinen eigentümlichen Charakter geben und seine Verwendung als Gebrauchsmetall bedingen. Die Eigenschaften ermöglichen somit vor allem die Erkennung und Unterscheidung verschie-

dener Metalle, während die äußere Form oder Gestalt, die man dem Metall zufällig gegeben hat und die man jeden Augenblick ändern kann, für die Erkennung und Unterscheidung völlig gleichgültig ist. Bei ähnlichen Metallen sind es oft nur eine oder zwei der obigen Eigen- 5 schaften, die eine sichere Unterscheidung ermöglichen.

Man kann die Metalle nach ihrem spez. Gew. in schwere und leichte Metalle einteilen, wobei als Grenze das spez. Gew. 4 gilt.[5] Die sogenannten Leichtmetalle sind erst im vorigen Jahrhundert entdeckt worden, wäh- 10 rend die Schwermetalle zum Teil schon seit dem Altertum bekannt sind.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 1.

IV. Chemische Formeln

Berzelius[1] hat zuerst die symbolische Schreibweise für chemische Vorgänge durch Buchstaben und Gleichungen eingeführt. 15

$H + Cl = HCl$[2] bedeutet danach, daß sich ein Volum Wasserstoff und ein Volum Chlor zu einem Molekül Chlorwasserstoff vereinigen. Diese chemische Gleichung bringt zugleich das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts zum Ausdruck, denn H bedeutet auch 1 Gewichtsteil 20 Wasserstoff und Cl bedeutet 35,5 Gewichtsteile Chlor, während HCl 36,5 Gewichtsteile Chlorwasserstoff darstellt. Enthält ein Molekül mehrere gleichartige Atome, so schreibt man die Anzahl derselben als Index rechts neben das Symbol: H_2 bedeutet also ein Molekül Was- 25 serstoff, bestehend aus 2 Atomen, P_4 ein vieratomiges Molekül Phosphor. Eine vor dem Molekül stehende

Zahl gibt die Anzahl der Moleküle. 4HCl heißt also 4 Moleküle Chlorwasserstoff. Wir wissen, daß Atome von Wasserstoff und Chlor in freiem Zustande gar nicht vorkommen, sondern daß die kleinsten Teilchen des Wasserstoffs und des Chlors zweiatomige Moleküle sind.

Die obige Gleichung muß also folgendermaßen geschrieben werden:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl.$$

H_2O bedeutet ein Molekül Wasser, das aus 3 Atomen besteht, nämlich aus 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff.

Die Buchstaben, mit denen man die Elemente bezeichnet, haben hiernach eine dreifache Bedeutung.

1.[3] Sie geben den Namen der Elemente an,

2. Sie bezeichnen ein Atom des betreffenden Elements, und

3. Sie schließen zugleich das Atomgewicht ein. Es heißt also:

H:	1 Atom	oder	1	Gewichtsteil	Wasserstoff,
O:	1 "	"	16	Gewichtsteile	Sauerstoff,
Cl:	1 "	"	35,5	"	Chlor,
Fe:	1 "	"	56	"	Eisen, usw.
H_2:	1 Molekül	"	2	"	Wasserstoff,
N_2:	1 "	"	28	"	Stickstoff.

HgO bedeutet 1 Molekül Quecksilberoxyd oder 216 Gewichtsteile Quecksilberoxyd, worin auf je 200 Gewichtsteile Quecksilber 16 Gewichtsteile Sauerstoff kommen.

HCl bedeutet 1 Molekül Chlorwasserstoff oder 36,5 Gewichtsteile Chlorwasserstoff, worin auf je 1 Gewichtsteil Wasserstoff 35,5 Gewichtsteile Chlor kommen.

H_2O bedeutet 1 Molekül Wasser oder 18 Gewichtsteile

Wasser, worin auf 2 (2mal 1) Gewichtsteile Wasserstoff 16 Gewichtsteile Sauerstoff kommen. Wenn wir nur HO schrieben, so hieße das: Im Wasser kommt 1 Gewichtsteil Wasserstoff auf 16 Gewichtsteile Sauerstoff, da H 1 Atom und 1 Gewichtsteil Wasserstoff und O 1 Atom und 16 Gewichtsteile Sauerstoff bezeichnet. 5

Wenn die Atomgewichte feststehen, läßt sich aus der chemischen Zusammensetzung, die durch eine quantitative Analyse ermittelt wird, und aus dem Molekulargewicht leicht eine chemische Formel aufstellen.[4] 10

Beispiel. Für Kohlendioxyd sei gefunden, daß in 100 g derselben enthalten seien 27,27 g Kohlenstoff und 72,73 g Sauerstoff. Das Molekulargewicht sei zu 43 bestimmt.

Wenn ich die Gewichtsmengen für Kohlenstoff durch 15 das Atomgewicht des Kohlenstoffs dividiere $\frac{27,27}{12} = 2,273$, erhalte ich eine Zahl, die sich zu dem Quotienten aus dem Gewicht des Sauerstoffs durch das Atomgewicht des Sauerstoffs $\frac{72,73}{16} = 4,546$ verhält wie die Anzahl Kohlenstoffatome zur Zahl der Sauerstoffatome. Das Verhältnis 20 der beiden Quotienten 2,273 : 4,546 ist 1 : 2.[5] Das heißt, auf je 1 Atom Kohlenstoff kommen im Kohlendioxyd 2 Atome Sauerstoff. Diese Feststellung allein genügt aber noch nicht, denn hiernach könnte die Formel sowohl CO_2 als auch C_2O_4, C_3O_6 usw. sein. Erst die Molekulargewichtsbestimmung ermöglicht die genaue Feststellung der Formel. Das Molekulargewicht ist aber zu 43 bestimmt, d. h. die Formel kann nur sein CO_2, denn $12 + 2 \cdot 16 = 44$.[6] 25

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 76.

V. Benennung einiger Verbindungen

Zur Unterscheidung der vielfachen Oxyde, Sulfide und Chloride eines und desselben Elementes bedient man sich deutscher, lateinischer oder griechischer Präpositionen und Zahlwörter, die man den Namen vorsetzt, oder ge-
5 wisser Abänderungen der Endsilben, wie sich aus der folgenden Zusammenstellung ergibt:

Gewöhnliche Oxyde heißen . . . . . -oxyde (oder -ioxyde).

Eisenoxyd (Fe_2O_3) = Ferrioxyd,
10 Bleioxyd (PbO), Chromoxyd (Cr_2O_3),
Zinkoxyd (ZnO), usw.

Niedrigere Oxyde heißen . . . . . -oxydule (oder -ooxyde).

Eisenoxydul (FeO) = Ferrooxyd,
15 Zinnoxydul (SnO), Kupferoxydul (Cu_2O), Manganoxydul (MnO), usw.

Höhere Oxyde heißen . . . . . -superoxyde oder -peroxyde.

Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2),
20 Kaliumsuperoxyd (K_2O_2),
Natriumperoxyd (Na_2O_2),
Baryumperoxyd (BaO_2), usw.

Gewöhnliche Säuren heißen . . . . . -säuren.

Salpetersäure (HNO_3), Chlorsäure ($HClO_3$),
25 Schwefelsäure (H_2SO_4), Mangansäure (H_2MnO_4), usw.

Niedrigere Säuren heißen . . . . . -ige Säuren.
Salpetrige Säure (HNO_2),
Chlorige Säure ($HClO_2$),
Schweflige Säure (H_2SO_3), usw.

Höhere Säuren heißen . . . . . Über . . . -säuren. 5
Überchlorsäure ($HClO_4$),
Übermangansäure ($HMnO_4$),
Überchromsäure (H_2CrO_5), usw.

Gewöhnliche Sulfide heißen . . . . . -sulfide oder -isulfide. 10
Kupfersulfid (CuS), Ferrisulfid (Fe_2S_2),
Stannisulfid (SnS_2), Cadmiumsulfid (CdS), usw.

Niedere Sulfide heißen . . . . . -sulfüre oder -osulfide.
Stannosulfid (SnS), 15
Ferrosulfid (FeS) oder
Eisensulfür (FeS),
Kupfersulfür (Cu_2S), usw.

Höhere Sulfide heißen . . . . . -supersulfide oder -persulfide. 20
Wasserstoffsupersulfid (H_2S_2), usw.

Gewöhnliche Chloride heißen . . . . . -chloride oder -ichloride.
Manganchlorid ($MnCl_3$),
Kupferchlorid ($CuCl_2$), 25
Borchlorid (BCl_3),
Ferrichlorid ($FeCl_3$) oder Eisenchlorid usw.

Niedere Chloride heißen . . . . . . -chlorüre oder -ochloride.

Eisenchlorür ($FeCl_2$) oder Ferrochlorid,
Chromchlorür ($CrCl_2$),
5 Zinnchlorür ($SnCl_2$),
Nickelchlorür ($NiCl_2$),
Aurochlorid ($AuCl_2$), usw.

Höhere Chloride heißen . . . . . -superchloride oder -perchloride.

10 Statt „super" wird auch „hyper" oder „per" gesagt.

Bei den Oxyden, Sulfiden und Chloriden zählt man auch wohl die Sauerstoff-, bzw. Schwefel- und Chloratome und sagt:

Monoxyd	Trioxyd	Pentoxyd
15 Monochlorid	Trichlorid	Pentachlorid
Monosulfid	Trisulfid	Pentasulfid.
Dioxyd	Tetroxyd	
Dichlorid	Tetrachlorid	
Disulfid	Tetrasulfid	

20 Die Salze der Schwefelsäure werden Sulfate, die der Salpetersäure Nitrate, die der Salzsäure Chloride, die der Kohlensäure Karbonate, die der Chlorsäure Chlorate usw. genannt. Man hängt diese Bezeichnungen an den deutschen Namen des Metalles, also z. B. Kaliumsulfat, Zink-25 sulfat, Natriumnitrat usw.

Bildet das Metall mehrere Salze derselben Säure, in denen es verschiedenwertig auftritt, so wird die Säurebezeichnung an den auf -i oder -o endigenden Stamm des lateinischen Metallnamens gehängt, z. B. $FeCl_2$ = Ferro-30 chlorid, $FeCl_3$ = Ferrichlorid. Die Salze, in denen die

Metalle mit höherer Wertigkeit auftreten, werden i-Salze, die, in denen sie mit niedrigerer Wertigkeit auftreten, o-Salze genannt (Cr, Fe, Mn, Co, Ni, U, Hg, Cu, Sn, Pt).

Oft werden auch die Namen des Säurerestes als Adjektive vor den Namen der Metalle gesetzt, z. B. schwefelsaures Natrium, kohlensaures Calcium, salpetersaures Silber, chlorsaures Baryum, usw. 5

Falls das Metall Salze bildet, in denen es mit verschiedenen Wertigkeiten auftritt, werden an die Metallnamen bei der höheren Wertigkeit die Silben -oxyd, bei der 10 niedrigeren Wertigkeit -oxydul angehängt, z. B. schwefelsaures Eisenoxydul (Ferrosulfat), schwefelsaures Eisenoxyd (Ferrisulfat). Die Salze der -igen Säuren werden bezeichnet durch die Endsilbe -it statt -at, z. B. schwefeligsaures Natrium = Natriumsulfit. 15

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 79.

VI. Übersicht einiger chemischen Elemente und ihrer Zeichen

SAUERSTOFF — OXYGENIUM — O^{II}

Mol. = O_2 = 32

(*a*) Vorkommen

Wasser, Luft und Erde sind sauerstoffhaltig, aber nur die Luft enthält O im freien Zustande. Trockene Luft enthält 23 %;[1] die Felsgesteine, die die Hauptmasse der Erde bilden, enthalten etwa 49 %; reines Wasser enthält 89 % O chemisch gebunden. 20

(*b*) Darstellung

1. Aus Metalloxyden:

(*a*) durch Erhitzen von Quecksilberoxyd (rotes Präzipitat):

$$2HgO = 2Hg + O_2;$$

5 (*b*) durch Erhitzen von Kaliumchlorat (chlorsaures Kalium):

$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2;$$

(*c*) durch Erhitzen von Braunstein (Mangandioxyd):

$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + 2O;$$

10 (*d*) durch Erhitzen von Bariumoxyd und Überleiten von trockener Luft (technische Gewinnung):

$$2BaO + O_2 = 2BaO_2.$$

2. Aus Wasser:

Indem man durch Wasser, dem 1/10 [2] seines Gewichtes 15 Schwefelsäure zugesetzt ist, den elektrischen Strom leitet; alsdann zeigt sich an der Anode der Sauerstoff (Elek trolyse).

(*c*) Eigenschaften

Vollkommen durchsichtig, farblos, geruchlos, geschmacklos, kann ohne Nachteil eingeatmet werden, ist 20 im Wasser wenig löslich, 1 ccm O wiegt bei 0° [3] und 760 mm Barometerstand 0,001 429 g,[4] d. i. seine Dichte (die in der Volumeneinheit [1 ccm] enthaltene Masse). 1 Liter O wiegt daher 1,429 g O. O brennt nicht, aber unterhält das Brennen lebhaft. Bei −118° [5] und 50 Atm. Druck 25 verdichtet sich O zu einer bläulichen Flüssigkeit, die bei −182° siedet. Diejenige Temperatur, oberhalb welcher

ein Gas durch keinen Druck mehr verflüssigt werden kann, heißt die kritische Temperatur; der von dem Gase ausgeübte Druck heißt der kritische Druck. O verbindet sich mit allen Elementen außer Helium, Fluor, Neon, Argon, Krypton und Xenon. 5
Manche Elemente verbinden sich mit ihm schon bei gewöhnlicher Temperatur; bei den meisten erfolgt die chemische Vereinigung erst bei höherer Temperatur. Den Vorgang der Vereinigung der Körper mit O nennt man Oxydation, einen mit O verbundenen Körper oxy- 10
diert, jede Sauerstoffverbindung ein Oxyd. Bindet ein Element 2 oder 3 oder 4 Atome O, so heißen die entstehenden Verbindungen Dioxyde, Trioxyde, Tetroxyde, z. B. CO_2, SO_3, OsO_4. Die sauerstoffarme Oxydationsstufe heißt Oxydul oder Sub- 15
oxyd, die sauerstoffreiche heißt Peroxyd oder Superoxyd. Ist eine Oxydation von einer Feuererscheinung begleitet, so heißt sie Verbrennung. Die Verbrennung ist aber keine Vernichtung, sondern wenn ein Körper verbrennt, nimmt er an Gewicht zu, und zwar 20
um so viel, als er dabei O aufnimmt. Daraus folgt das Gesetz von der Erhaltung der Materie: Die bei einem chemischen Prozesse beteiligten Stoffe haben vor und nach dem Prozesse gleiches Gewicht.

1/5 Volumen Luft ist O, 4/5 Volumen sind zur Haupt- 25
sache N. Bringt man Metalle in reinen O, so verbrennen sie unter lebhafter Licht- und Wärmeentwickelung. So verbindet sich C mit O_2 zu CO_2 (Kohlendioxyd), S mit O_2 zu SO_2 (Schwefeldioxyd) und P_4 mit $5O_2$ zu $2P_2O_5$ (Phosphorpentoxyd). Löst man die entstandenen Produkte in 30
Wasser auf, so zeigen die Lösungen eine eigentümliche Erscheinung: sie röten blaues Lackmuspapier; sie heißen

Säuren. Bringt man aber K oder Na zur Erhitzung, so zeigen die Lösungen der entstehenden Produkte einen basischen Charakter; sie bläuen rotes Lakmuspapier.

Durch leicht entzündliche Körper wird ein Körper auf 5 seine Entzündungstemperatur gebracht und erreicht durch die Verbrennung seine Verbrennungstemperatur.

Durch den Atmungsprozeß wird das venöse Blut in arterielles verwandelt, indem die eingeatmete Luft einen Teil ihres O an das Blut abgibt und dafür aus dem letz- 10 teren CO_2 aufnimmt. Die im Sonnenlichte atmenden Pflanzen nehmen aus der Luft CO_2 auf und geben O ab, während bei den Tieren und Menschen es umgekehrt ist. Bläst man die ausgeatmete Luft in eine Lösung von Kalkwasser, so zeigt sich eine Trübung (Reaktion), indem 15 die ausgestoßene CO_2 sich mit Ca zu $CaCO_3$ verbindet.

Entzieht man einem Oxyde den O, so nennt man dies eine Reduktion; man bringt das Oxyd mit solchen Körpern (Reduktionsmitteln) zusammen, die eine größere Affinität zu O haben.

20 Läßt man einen elektrischen Funken durch die atmosphärische Luft oder durch O schlagen, so entwickelt sich ein eigentümlicher Geruch, der vom Ozon (O_3) herrührt. Ozon wird als Bleichmittel und zum Reinigen von Trinkwasser verwendet.

25 O wurde 1772 von Scheele[6] aus Salpeter, 1774 von Priestley[7] aus HgO dargestellt.

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 15; Mentor Verlag, Berlin.

WASSERSTOFF — HYDROGENIUM — H^I

Atom. = 1,01

(*a*) Vorkommen

H findet sich auf allen Himmelskörpern, in den Klüften der Steinsalzbergwerke, in den Gasen der Vulkane, in den Gasquellen der Erdölgebiete, in der atmosphärischen Luft rein; meist gebunden in H_2O, in allen tierischen und pflanzlichen Stoffen und allen Gesteinsarten. 5

H war schon einem Zeitgenossen von Luther, dem Naturforscher Teophrastus Paracelsus[1] (1493–1541) bekannt.

(*b*) Darstellung

H entsteht durch Einwirkung vieler Metalle auf H_2O bei gewöhnlicher Temperatur: $2HOH + 2Na = 2NaOH$ 10 $+ H_2$; Zn, Fe, Ni wirken bei Glühhitze auf Wasserdampf ein:

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2;$$

C zersetzt H_2O bei Glühhitze: $C + H_2O = CO + 2H$; Fe mit verdünnter H_2SO_4: $Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + 2H$; 15 durch Elektrolyse von angesäuertem Wasser.

H wird im großen gewonnen durch Glühen von Kalziumhydroxyd mit C: $2Ca(OH)_2 + C = 2CaO + CO_2 + 2H_2$.

(*c*) Eigenschaften

H ist das leichteste aller Gase; 14,5[2] mal leichter als Luft, 16 mal leichter als O, 239 000 mal leichter als Uran; 20 farblos, geruchlos, geschmacklos; stärker lichtbrechend als Luft; 1 Liter H wiegt 0,089947 g; 1 g H nimmt einen Raum von 11,11 Litern ein; brennt selbst, unterhält das

Brennen nicht; verbrennt mit wenig bläulicher, aber sehr heißer Flamme zu H_2O; bei $-235°$ verflüssigt sich H zu einer farblosen Flüssigkeit; H ist sehr wenig reaktionsfähig, da die beiden H Atome im Molekül (H_2) sehr fest zusammenhangen; nur F verbindet sich mit H unter Feuererscheinung: $H_2 + F_2 = 2HF$; H verbindet sich mit Cl im Sonnenlichte sofort zu HCl; ein Gemisch von H und O ist nicht lichtempfindlich und bleibt in der Kälte ganz unverändert; erst bei 600° erfolgt eine explosionsartige Reaktion nach der Gleichung: $2H_2 + O_2 = 2H_2O$; H bildet mit atmosphärischer Luft oder reinem O ein stark explosibles Gemenge, das Knallgas ($2H + 1O$), das durch einen brennenden Körper oder durch den elektrischen Funken oder durch die bloße Gegenwart gewisser starrer Körper entzündet wird; diese Eigenschaft besitzt der Platinschwamm (metallisches Platin in fein verteiltem Zustande), der Gase an seiner Oberfläche verdichten kann; das H Atom in statu nascendi [3] hat metallische Eigenschaften, denn der elektrische Strom führt die in wässerigen Lösungen von Säuren vorkommenden freien Wasserstoffionen nach der Kathode, an welcher sich die Metalle abzuscheiden pflegen; H verliert aber sehr schnell seinen metallischen Zustand und steigt dann in Bläschen auf; H vereinigt sich mit Palladium zu einer Legierung, dann nimmt man Palladiumblech als Kathode, so schwillt dieses durch die Aufnahme von H stark an, wird spezifisch leichter, behält aber ein metallisches Aussehen, leitet Wärme und Elektrizität gut und ist dehnbar und prägbar; Palladium absorbiert das 900fache Volumen H; glühende Metallröhren lassen Wasserstoffgas in hohem Grade durch; H ist in statu nascendi und bei Glühhitze ein energisches Reduktionsmittel: $CuO + H_2 =$

$Cu + H_2O$, $Fe_2O_3 + 3H_2 = 2Fe + 3H_2O$, $2AgCl + H_2 = 2Ag + 2HCl$; 1 cbm H wiegt 0,09 kg, 1 cbm Luft 1,29 kg, daher verwendet man H zur Füllung von Luftballons; H besitzt eine außerordentliche Heizkraft; das Knallgasgebläse entwickelt intensive Hitze (2000°), z. B. bei autogener Schweißung; hält man in die Knallgasflamme ein fein zugespitztes Kreidestück, so zeigt sich ein blendendweißes Licht, Drummondsches Kalklicht. 5

(*d*) Verbindungen

Wasser (H_2O) ist sehr verbreitet; es kommt in drei Aggregatzuständen vor: Eis, Schnee, Gletscher; Wasser, Grundwasser, Quellwasser, Flußwasser, Seewasser; Dampf, Wolken, Nebel; es kommt auch als unsichtbarer Wasserdampf in der Luft, die zu 2/3 damit gesättigt ist, in allen tierischen und pflanzlichen Organismen, auch als Kristallwasser chemisch gebunden an Mineralien vor. 10 15

H_2O ist ein Verbrennungsprodukt aller organischen Substanzen; es wird auch beim Atmen der Tiere gebildet.

Trübes Wasser wird durch Filtrieren gereinigt; Meerwasser, bitteres Wasser wird zum Sieden erhitzt und der entweichende Wasserdampf verdichtet — Destillation; man unterscheidet hartes und weiches Wasser; ersteres enthält verschiedene Kalksalze (Kalziumdikarbonat und Kalziumsulfat), die durch Kalkmilch und Soda entfernt werden; hartes Wasser bringt Seife nicht zum Schäumen, sondern es bildet sich ein unlösliches Gerinnsel aus fettsauren Salzen; selbst destilliertes Wasser enthält meist noch Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, die durch Zusatz von etwas Kalilauge und übermangansaures Kalium gebunden werden. 20 25

H_2O ist farblos, geruchlos, geschmacklos, siedet unter 30

760 mm Druck bei 100°, auf dem Montblanc bei 84°; bei 5 Atm. Druck siedet es bei 152°; hat bei 4° die größte Dichte; gefriert bei 0° und dehnt sich um $\frac{1}{10}$ seines Volumens aus; beim Verdampfen nimmt das Volumen um das
5 1680fache zu; überhitzter Dampf ist unsichtbar und bringt Papier zum Verkohlen; die latente Wärme des Dampfes ist 540 Kalorien, d. h. diese Wärme genügt um 540 kg Wasser von 0° auf 1° zu erwärmen; ist ein allgemeines Auflösungsmittel für die meisten starren Körper; in der Wärme
10 wird mehr gelöst als in der Kälte; gewisse Körper holen H_2O aus der Luft und zerfließen, andere geben ihre Feuchtigkeit ab und zerfallen dabei zu Pulver, d. h. sie verwittern; H_2O absorbiert Gase je nach Temperatur und Druck. Bei der Verdunstung größerer Wassermengen
15 (Rasenbleiche, an Seeküsten, in Laubwäldern) bildet sich Ozon (O_3), das besonders als Bleichmittel und zur Reinigung des Trinkwassers verwendet wird. Alle einfachen Grundstoffe (Metalle), die nur aus einatomigen Molekülen bestehen, leiten Wärme und Elektrizität. Reines
20 Wasser leitet die Elektrizität nicht; wässerige Lösungen aber leiten sie gut. Daher müssen wir in diesen freie Atome oder Ionen annehmen, die, je nach ihrer Natur, mit positiver oder negativer Elektrizität geladen, nach den Elektroden (Kathode +, Anode −) als Kation (+)
25 und Anion (−) wandern und den Transport der Elektrizität vermitteln. Durch die Ionentheorie kann man die gemeinsamen Eigenschaften der wässerigen Säuren dadurch erklären, daß alle wässerigen Lösungen Wasserstoffionen enthalten, deren relative Anzahl die Stärke des
30 sauren Geschmacks bedingt. Die außerordentliche Reaktionsfähigkeit der Säuren, Basen und Salze wird durch ihre Ionisation in wässeriger Lösung begreiflich.

Wasserstoffperoxyd = H_2O_2. H_2O_2 findet sich in sehr geringer Menge in der atmosphärischen Luft nach Gewittern und starken Schneefällen; es wird dargestellt, indem man Natriumsuperoxyd in eiskalte Mineralsäuren einträgt:

$$2NaO + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2,$$ 5

oder indem man Bariumsuperoxyd in kalte, verdünnte Schwefelsäure bringt:

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2;$$

es ist eine dickflüssige, klare, farblose Flüssigkeit von dem spez. Gewicht 1,4976; läßt sich rein nicht lange 10 aufbewahren, da es sich gleich zersetzt: $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$; oxydiert organische Substanzen sehr heftig, bleicht Pflanzenfarben und bläut Jodkaliumstärkepapier; ist ein sehr energisches Reduktionsmittel; ein hervorragendes Reagens auf H_2O_2 ist Chromsäure, die damit eine inten- 15 sive blaue, in Äther leichtlösliche Verbindung liefert; eine 2–3 % Lösung dient bei Blausäurevergiftungen zu Magenausspülungen; in der Textilindustrie ist es auch von hohem Werte, nämlich zum Entfernen lästiger Säurereste aus den Fasern. 20

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 34; Mentor Verlag, Berlin.

STICKSTOFF — NITROGENIUM — N^{III}

Atom. = 14

(*a*) Vorkommen

In freiem Zustande in der Luft, etwa $\frac{4}{5}$ des Volumens; in Urgesteinen, im Boden gebunden; ständiger Bestandteil des lebenden Protoplasmas; in den Guanolagern von Chile und Peru, in den Chilisalpeterlagern.

(*b*) Darstellung

1. Aus der Luft durch Verbrennen von Phosphor.

2. Aus der Luft durch glühendes Kupfer ($2Cu + O_2 = 2CuO$).

3. Durch Einleiten von Chlorgas in wässeriges Ammoniak:

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2.$$

4. Durch Erwärmen einer konzentrierten Lösung von Ammoniumnitrat:

$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O.$$

5. Durch Einwirkung von salpetriger Säure auf Harnstoff:

$$CO(NH_2)_2 + 2NHO_2 = CO_2 + 2N_2 + 3H_2O.$$

(*c*) Eigenschaften

N ist ein farbloses, geruchloses, geschmackloses Gas; wenig leichter als die Luft; löslich in H_2O, noch löslicher in Alkohol; verflüssigt bei $-149°$ und 28 Atm. zu einer farblosen Flüssigkeit; ist nur sehr schwer in Reaktion zu bringen; erst in der Glühhitze verbindet er sich mit einigen Elementen (Li, Ca, Mg, Si, Ba), brennt selbst nicht und unterhält die Verbrennung nicht.

(*d*) Verbindungen

1. Mit O: Stickstoffoxydul — N_2O, Stickstoffoxyd — NO, Stickstofftrioxyd — N_2O_3, Stickstoffdioxyd — $N_2O_4 = 2NO_2$, Stickstoffpentoxyd — N_2O_5.

N_2O wird durch Erhitzen von reinem Ammoniumnitrat dargestellt ($NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$); ein farbloses Gas, in kaltem H_2O gut löslich, in heißem H_2O wenig; nicht

brennbar, aber unterhält das Brennen; mit O eingeatmet wirkt es betäubend (Lachgas).

NO wird durch Reduktion von Salpetersäure mit Kupfer erhalten; ein farbloses Gas; läßt sich verdichten; vereinigt sich mit O der Luft zu rotbraunem Dampf 5 von NO_2; gibt bei Erhitzung leicht O ab und erhält dadurch die Verbrennung.

N_2O_3 entsteht durch Erhitzen von Salpetersäure mit Stärkemehl; bei sehr niedriger Temperatur eine rein indigoblaue Flüssigkeit, die sich aber leicht spaltet unter 10 Entwickelung von roten Dämpfen.

NO_2 entsteht, indem man durch ein Gemisch von 1 Vol. N und 2 Vol. O elektrische Funken schlagen läßt; oder durch Erhitzen von Bleinitrat; es bildet bei hoher Temperatur ein schwarzrotes Gas, bei niedriger Temperatur 15 aber helles Gas.

N_2O_5 entsteht durch Einwirkung von trockenem Cl auf salpetersaures Silber; farblose, glänzende Kristalle, die schon bei 29° schmelzen.

2. Salpetersäure (HNO_3) findet sich bisweilen im freien 20 Zustande, meist als Ammoniumsalz in der Atmosphäre, im Regenwasser und in vielen Brunnenwässern; sehr verbreitet in Verbindung mit Na, C, Mg, K; wird durch Einwirkung von H_2SO_4 auf Kaliumnitrat dargestellt: $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$; HNO_3 ist in reinem 25 Zustande eine farblose, leicht bewegliche, sehr flüchtige, stechend riechende Flüssigkeit, die bei – 47° kristallisiert; mischt sich mit H_2O in allen Verhältnissen; schmeckt intensiv sauer, rötet blaues Lackmuspapier; wirkt in hohem Grade ätzend; zieht sehr begierig H_2O 30 an; zerfällt unter Einwirkung des Lichtes in NO_2, H_2O und O; wird durch C, S und andere Metalloide sowie

die meisten Metalle zersetzt und gibt ein O nach dem andern ab und zwar im Augenblick des Entstehens (in statu nascendi); hierdurch ist HNO_3 ein Oxydationsmittel, und zwar ein sehr kräftiges; HNO_3 wird durch
5 H_2SO_4 ausgetrieben; entfärbt Pflanzenfarben; tierische Stoffe werden gelb gefärbt. HNO_3 gibt mit organischen Stoffen leicht explosible Körper wie Nitroglyzerin (mit 25% Kieselgur gemischt, Dynamit) und Schießbaumwolle, rauchschwaches Pulver. HNO_3 gehört zu den
10 stärksten Säuren.

3. Ammoniak (NH_3) ist ein ständiger Bestandteil des fruchtbaren Bodens und der Luft, nie aber in größeren Mengen; Ammoniakverbindungen sind leicht löslich und flüchtig; toniger Boden bindet viel NH_3; entsteht beim
15 Faulen stickstoffhaltiger organischer Stoffe; farblos, von stechend durchdringendem Geruch, läßt sich bei + 10° und 6,5 Atm. verflüssigen; sehr leicht löslich in kaltem H_2O, schmeckt als Lösung ätzend laugenhaft, reagiert stark alkalisch und heißt Salmiakgeist; NH_3 ist unge-
20 mein reaktionsfähig auf Metalle und Metalloide; dient zur Kälteerzeugung, usw.

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 22; Mentor Verlag, Berlin.

KOHLENSTOFF — CARBONICUM — C^{IV}

Atom. = 12

(*a*) Vorkommen

C ist ein sehr verbreitetes Element; kommt in drei allotropen Modifikationen vor, zwei kristallisierte und eine amorphe.

25 In reinem Zustande heißt der C Diamant; in Brasilien,

Ostindien, Borneo, Südafrika gefunden; teils eingewachsen, teils lose im Alluvium, im Sande der Flüsse; meist farblos und durchsichtig; ausgebildete Kristalle (Oktaeder), meist vollkommen spaltbar; stark lichtbrechend; auch gelb bis schwarz vorkommend; pulverisierter Diamant ist dunkelgrau bis schwarz; der härteste Körper; verbrennt in O mit großem Glanze zu CO_2; der zu technischen Zwecken (Bohren) begehrte Diamant heißt Carbonado; schlechter Leiter der Wärme und Elektrizität.

Der *Graphit* (Reißblei) kommt im Ur- und Übergangsgebirge,[1] Granit, Gneiß, Urkalk vor; bei Borrowdale in Schottland, im südlichen Siberien, auf Ceylon, bei Passau, Marbach, Montabaur; grauschwarz, metallglänzend, weich, sehr abfärbend; guter Leiter der Elektrizität; kristallisiert in Tafeln und Blättchen des hexagonalen Systems; wie der Diamant unlöslich in H_2O und Säuren; unschmelzbar, daher zu Schmelztiegeln verwendet.

Amorph C findet sich als Bestandteil aller organischen Verbindungen, Holzkohle, Tierkohle (Beinschwarz), Koks und Ruß; Holzkohle wird in Meilern hergestellt und behält ihre faserige Struktur. Durch Glühen von Knochen, Blut usw. erhält man die Knochenkohle, ein Gemenge von C und Kalziumphosphat; bei der Leuchtgasgewinnung erhält man den Koks; Ruß (Kienruß, Lampenruß) ist C in zarten Rußflocken, der bei gehindertem Luftzutritt sich bildet; chinesische Tusche ist sehr feiner Lampenruß; 1 kg Holzkohle hat etwa 8000 Kal., 1 kg reiner C hat 8100 Kal.; die Holzkohle und Knochenkohle sind sehr porös und können das 35- bis 40fache Volumen Gas absorbieren und werden daher als Konservierungsmittel für Fleisch, als Kohlenfilter zur

Reinigung des Wassers, als Desinfektionsmittel, zum Entfärben des Zuckersaftes und Entfuselung des Branntweines benutzt.

Die fossilen Kohlen bilden eine eigene geognostische Formation; über alle Teile der Erde verbreitet; sie sind das Verkohlungsprodukt von tropischen Wäldern, die vor vielen Jahrtausenden untergegangen und von Sandstein- oder Schieferschichten abgeschlossen wurden. Man unterscheidet:

Anthrazit: amorph, schwarzglänzend, undurchsichtig, muschelig im Bruch, enthält 90 bis 98% C, verlangt starken Luftzutritt; hinterläßt wenig Asche; kommt in Sachsen, Westfalen,[2] England, Pennsylvanien, China vor.

Steinkohle: amorph, schieferig, undurchsichtig, schwarz, fettglänzend, verbrennt mit rußender Flamme, bei Luftabschluß zu Koks; 70 bis 92% C; meist viel FeS_2 enthaltend; Fettkohle zur Koks- und Leuchtgasfabrikation. Kommt in Deutschland, England, Nordamerika vor.

Braunkohle: jünger[3] als Steinkohle; Bruch uneben, muschelig, läßt häufig die Holzstruktur erkennen; braun bis schwarz; selten fettglänzend; meist durch Tagebau gewonnen und zu Briketts[4] verarbeitet; 45 bis 75% C; verbrennt mit rußender Flamme und bildet große Rußflocken; liefert, trocken destilliert, Paraffin; in Deutschland und vielen anderen Ländern gefunden.

Torf: Das jüngste Produkt der pflanzlichen Verwesungsprozesse, noch heute sich bildend in den mit Moos bewachsenen feuchten Landstrichen; die oberen Schichten sind locker, die tiefer liegenden immer fester; wird gegraben, getrocknet und als Brennmaterial benutzt.

(*b*) Darstellung

Man läßt Azetylen durch glühende Röhren streichen:

$$2C_2H_2 = 3C + CH_4.$$

(*c*) Eigenschaften

sind schon unter (*a*) erwähnt.

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 28; Mentor Verlag, Berlin.

EISEN — FERRUM — $Fe^{II.\ III}$

Atom. = 55,9

(*a*) Vorkommen

Fe findet sich gediegen als Körner im Basalt, Glimmerschiefer und Zerit, in größeren Blöcken auf der Insel Disko bei Grönland und regulär kristallisierend als Ferrit in den Meteoriten (die noch 5 bis 7 % Nickel und Kobalt enthalten und beim Schleifen die „Widmannstättenschen Figuren“ [1] zeigen); kommt meist mit O und S verbunden in mächtigen Lagern als Eisenerze vor; auch in Brunnen- und Mineralquellen, Eisensäuerlinge, Stahlquellen; im Chlorophyll (dem grünen Farbstoffe der Pflanzen) und im Hämoglobin, dem roten Farbstoffe des Blutes; im menschlichen Körper sind etwa 7 g Fe und werden von der Milz erhalten.

(*b*) Darstellung

Fe läßt sich durch Reduktion technisch nicht in reinem Zustande gewinnen, sondern wird nur als Roheisen erhalten durch den Hochofenprozeß. Aus folgenden Eisenerzen kann man Roheisen gewinnen:

1. Magneteisenerz, Magnetit = $FeO + Fe_2O_3$, das meist dicht oder körnig, aber auch in regulären Oktaedern vorkommt, natürlichen Magnetismus besitzt, 70% Fe enthält und im Ural, Nordamerika, Kleinasien 5 und in Skandinavien gefunden wird.

2. Roteisenerz, Blutstein = Fe_2O_3, bis 70% Fe; schwarz bis blutrot; erscheint als Eisenglanz, rhomboedrische Kristalle; stark metallglänzend; Elba, Skandinavien, Ural, Deutschland, Brasilien.

10 3. Spateisenstein = Eisenspat = $FeCO_3$, kristallisiert rhomboedrisch, derb, von faseriger Struktur; 35 bis 50% Fe; graugelb; in Säure mit grünlicher Farbe löslich; meist manganhaltig; in Deutschland und vielen andern Ländern gefunden.

15 4. Brauneisenerz = Eisenoxydhydrat = $2Fe_2O_3 + 3H_2O$; 60% Fe; braun, schwarz; Strich gelbbraun bis ockergelb, kristallinisch faserig, meist derb; häufig mit Ton gemengt; zuweilen in Schalen; meist in größeren und kleineren Kugeln und Körnern.

20 5. Schwefelkies oder Eisenkies = FeS_2 = Pyrit; metallischgelb; am Stahl funkelnd; oft in Würfeln, in hemiedrischen Formen des regulären Systems; die Schwefelkiese dienen meist zur Darstellung von S, H_2SO_4 und Eisenvitriol.

(*c*) Eigenschaften

25 Reines Fe ist silberweiß, weich, nicht zähe, schwer schmelzend (Weißglut), hämmerbar und schweißbar; temporär magnetisch; von ausgezeichnetem Metallglanz und sehr politurfähig; leitet Wärme und Elektrizität; hat ein außerordentlich linienreiches Spektrum; oxydiert 30 an der Luft (Rost), wenn diese feucht ist, oder in H_2O;

Rost ist Fe-Oxydulhydrat [$Fe(OH)_2$]. Erhitzt man Fe an der Luft, so bildet sich Fe_3O_4 = Eisenoxyduloxyd = Hammerschlag (springt beim Hämmern ab); reduziert in der Rotglut H_2O; löslich in HCl, H_2SO_4, konz. HNO_3; schnell in HNO_3 getauchtes und abgewaschenes Eisen wird von HNO_3 nicht mehr angegriffen und heißt passives Eisen; spez. Gewicht = 7,88; dient als Ferrum pulveratum [2] gegen Blutarmut und Bleichsucht als Heilmittel. Fe bildet zwei Reihen von Verbindungen:

I. Oxydul- oder Ferroverbindungen mit Fe^{II},

II. Oxyd- oder Ferriverbindungen mit Fe^{III}.

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 59; Mentor Verlag, Berlin.

NATRIUM — Na^{I}

Atom. = 23,05

(*a*) Vorkommen

In den feldspatartigen Gesteinen, im Chilisalpeter ($NaNO_3$), im Borax ($Na_2B_4O_7 + 10H_2O$), im Kryolith (Na_3AlF_6), im Glaubersalz ($Na_2SO_4 + 10H_2O$), im Blute aller lebenden Wesen; während bei der Verwitterung der Gesteine die Kalisalze mit großer Begierde von den Pflanzen aufgenommen werden, geht Na als NaCl durch das Flußwasser dem Ozean zu, dessen Salzgehalt ständig zunimmt; daher enthält die Asche der See- und Strandpflanzen viel Natriumsalz.

(*b*) Darstellung

Na wird erhalten durch Einwirkung des Magnesiums auf Natriumhydroxyd, oder durch Erhitzen von Natrium-

hyperoxyd mit gepulverter Holzkohle ($3NaO + C = Na_2CO_3 + Na$); in der Technik durch Elektrolyse aus geschmolzenem Ätznatron.

(*c*) Eigenschaften

Na ist silberglänzend, wachsweich bei gewöhnlicher
5 Temperatur; schmilzt bei 96° und siedet bei 742°; entzündet sich auf Wasser nicht, aber entwickelt heftig H; löst sich als Natriumhydroxyd in H_2O und gibt diesem eine stark alkalische Reaktion; löst sich in flüssigem Ammoniak mit violetter Farbe; seine Dämpfe brennen
10 mit gelber Farbe.

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 42; Mentor Verlag, Berlin.

SCHWEFEL — SULFUR — $S^{II. IV. VI}$

Atom. = 32

(*a*) Vorkommen

Sehr verbreitet in der Natur; gediegen in rhombischen Kristallen und kristallinisch, sowie verbunden als Gips, Cölestin, Kalzit (bei Girgenti auf Sizilien, 300 000 t jährlich); in Schwefelquellen (Aachen, Marienbad);
15 in Schwefelmetallen (PbS = Bleiglanz, FeS_2 = Eisenkies, ZnS = Zinkblende); in schwefelsauren Salzen (Gips = $CaSO_4 + 2aq$, Schwerspat = $BaSO_4$); im Schwefelwasserstoff (H_2S), Schwefeldioxyd = SO_2, im Eiweiß, im Haar und in zahlreichen Algen.

(*b*) Darstellung

20 (1) Durch Oxydation von Schwefelwasserstoff:

$$2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O.$$

(2) Durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Schwefeldioxyd:

$$2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O.$$

(3) Durch Erhitzen von Schwefelkies unter Luftabschluß: 5

$$3FeS_2 = Fe_3S_4 + 2S.$$

(4) Durch Verdampfen des natürlich vorkommenden Schwefels erhält man Rohschwefel. Dampft man diesen nochmals um, so erhält man Schwefelblumen (feines Pulver) und Stangenschwefel. 10

(*c*) Eigenschaften

Bei gewöhnlicher Temperatur fest, gelb, spröde, geschmack- und geruchlos, unlöslich im Wasser, leitet Wärme und Elektrizität sehr schlecht, wird durch Reiben negativ elektrisch. Bei 115° schmilzt er zu einer dünnen, gelben Flüssigkeit, die bei 160° braun und schwerbeweg- 15 lich, bei 200° dunkelbraun und zähe, oberhalb 300° wieder dünnflüssig wird und bei 448° siedet; der Dampf ist rotbraun, schwer, fast siebenmal so schwer als Luft. Kühlt man den Dampf schnell ab, so erhält man ein gelbes Pulver (Sublimation), kühlt man ihn langsam ab, 20 so erhält man eine braune Flüssigkeit (Destillation). Der Schwefel kristallisiert in Formen des rhombischen (Oktaeder) und monoklinen Systems (prismatische Säule), ist also dimorph (zweigestaltig). Erhitzt man ihn auf 230° und kühlt ihn in kaltem Wasser plötzlich ab, so 25 erhält man eine zähe, dunkle Masse, den plastischen oder amorphen Schwefel, der aber nach längerer Zeit wieder in rhombischen Schwefel übergeht. Mit den meisten

Elementen verbindet sich S, besonders leicht mit H, O, den Halogenen und den Metallen.

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 16; Mentor Verlag, Berlin.

PHOSPHOR — PHOSPHORUS — P^{III}

Atom. = 31

(*a*) Vorkommen

P kommt nur in gebundenem Zustande vor als Phosphate des Kalziums, Aluminiums und des Eisens; mäch-
5 tige Phosphatlager sind in Florida, Karolina, Algier, Estremadura, in kleinen Mengen in der Ackererde; ein wesentlicher Bestandteil des fruchtbaren Bodens; erforderlich namentlich zur Entwicklung des Samens; wesentlicher Bestandteil (Kalziumphosphat) des Knochengerüstes
10 von Mensch und Tier; im Eiweiß, Muskelsubstanz, Hirn- und Nervensubstanz.

(*b*) Darstellung

1. Aus tierischem oder mineralischem Kalziumphosphat erhält man durch Einwirkung von H_2SO_4 und Erhitzen des entstandenen Monokalziumphosphats [$Ca(H_2PO_4)_2$]
15 mit C:

$3Ca(PO_3)_2 + 10C = P_4 + Ca_3(PO_4)_2 + 10CO$; oder

2. man mischt Kalziummetaphosphat mit C und Aluminium und erhitzt im elektrischen Ofen bis zur Rotglut:

$2Ca(PO_3)_2 + 2SiO_2 + 10C = 2CaSiO_3 + 10CO + P_4$; oder

20 3. man glüht im elektrischen Ofen gewöhnliches Kalziumphosphat mit Quarz und Kokspulver:

$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 6CO = 6CaSiO_3 + 10CO + P_4$.

(*c*) Eigenschaften

P ist schwach gelblich, wachsglänzend, knoblauchähnlich riechend, wachsweich, läßt sich schneiden,[1] in der Kälte spröde; bei 44° schmilzt er, bei 290° verwandelt er sich in Dampf (bei Luftabschluß); aus flüchtigen Lösungsmitteln scheidet er sich bei der Verdunstung in 5
Kristallen ab; in H_2O unlöslich, aber schwer in Alkohol, Äther, ätherischen Ölen, leicht in Schwefelkohlenstoff (CS_2); leuchtet im Dunkeln (oxydiert); sehr giftig, wird hauptsächlich von der Leber resorbiert (Vergrößerung der Leber bei Phosphorvergiftung; Gegengift: 1 g 10
$CuSO_4$ in 1/2 Liter H_2O); zur Hälfte von Wasser bedeckt gibt P der in einer Flasche eingeschlossenen Luft einen eigentümlichen Geruch; sie enthält Ozon (O_3) und Wasserstoffsuperoxyd (H_2O_2); der gelbe P verwandelt also den O der Luft in Ozon; löslich in HNO_3 und Königs- 15
wasser; verbindet sich leicht mit Cl und Br; erteilt der Wasserstoffgasflamme eine schöne smaragdgrüne Färbung (sehr empfindliches Erkennungsmittel des P); ist allotrop: weißer, roter und schwarzer P; setzt man gewöhnlichen P längere Zeit dem Lichte unter H_2O aus, so wird er un- 20
durchsichtig und an der Oberfläche rein rot, amorph, vollkommen geruchlos, leuchtet nicht im Dunkeln, entzündet sich nicht durch Reiben, ist unlöslich in CS_2 und nicht giftig; schwarzen, metallischen P erhält man durch anhaltendes Erhitzen von rotem P auf 360°; verwendet 25
zu Zündwaren und als Medikament.

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 24; Mentor Verlag, Berlin.

CHLOR — CHLORUM — Cl^{I}

Atom. = 35,5

(*a*) Vorkommen

Cl kommt nur in gebundenem Zustande in der Natur vor; meist mit H und Metallen verbunden; besonders im Steinsalz und den Abraumsalzen, sowie flüssig oder gelöst in den Solen und dem Meerwasser.

(*b*) Darstellung

5 1. Aus der Salzsäure (HCl) durch die Elektrolyse:

$$2HCl = H_2 + Cl_2;$$

oder aus den Chloriden oder Chlormetallen ebenfalls durch den elektrischen Strom; Cl geht zur Anode.

2. Aus Braunstein und HCl:

10 $$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2.$$

(*c*) Eigenschaften

Ein schweres Gas, fast $2\frac{1}{2}$mal so schwer als Luft; grünlichgelb; von durchdringendem, erstickendem Geruch; hat ätzende Eigenschaften; läßt sich flüssig machen bei 0° und 6 Atm. Druck; das flüssige Cl ist 15 rein gelb; wird von H_2O absorbiert; die Lösung heißt Chlorwasser; sehr reaktionsfähig; vereinigt sich mit metallischen und nichtmetallischen Elementen unter Feuererscheinung; sogar Gold wird gelöst in Chlorgas; ähnlich wie beim O verbindet sich Cl zu Chlorür, Chlorid, 20 Superchlorid, ein sehr starkes Oxydationsmittel; verbindet sich gierig mit den Wasserstoffatomen organischer Substanzen und wirkt dadurch zerstörend (bleichend);

durch Vernichtung jedes organischen Lebens wirkt es antibakteriell; überschüssiges Cl entfernt man mit Thiosulfat.

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 19; Mentor Verlag, Berlin.

FLUOR — FLUORUM — F^{I}

Atom. = 19

(*a*) Vorkommen

Hauptsächlich als Flußspat (CaF_2) und als Kryolith (Na_3AlF_6); nie frei; im Zahnschmelz. 5

(*b*) Darstellung

Durch elektrolytische Zersetzung wasserfreier Flußsäure

$$2HF = H_2 + F_2,$$

aber n u r in Gefäßen, die aus Flußspat und Platiniridium bestehen, die von F nicht angegriffen werden.

(*c*) Eigenschaften

F ist ein Gas von grünlichgelber Farbe, heller als 10 Chlor, von stechendem Geruch; ist das reaktionsfähigste Metalloid; vereinigt sich mit H, S, Se, Te, Br, J, Si, B, fein verteilter Kohle unter lebhafter Licht- und Wärmeerscheinung; organische Substanzen entzünden sich meist sofort im Fluorgase; Metallchloride werden durch F 15 sofort zerlegt. Leitet man Fluorgas in H_2O, so bildet sich sofort Flußsäure und Ozon ($3H_2O + 6F = 6HF + O_3$).

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 20; Mentor Verlag, Berlin.

BLEI — PLUMBUM — $Pb^{II. IV}$

Atom. = 206,9

(*a*) Vorkommen

Pb ist seit den ältesten Zeiten bekannt, wurde viel in den Bleiwerken zu Laurium, südlich von Athen, gewonnen; findet sich gediegen nur bei Paßberg in Schweden; sehr viel in Deutschland als Bleiglanz; noch viel mehr in
5 Spanien und den Vereinigten Staaten; kommt vor als Weißbleierz, Bleivitriol, Gelbbleierz, Rotbleierz, Pyromorphit.

(*b*) Darstellung

Reines Blei erhält man durch Schmelzen von reinem Zyankalium mit getrocknetem Bleikarbonat in einem
10 Porzellantiegel; ist das hierbei gewonnene Pb ganz rein, so zeigt sich der Meniskus (die konvexe Oberfläche); im andern Falle nicht.

Rohblei (Werkblei) wird hüttentechnisch meist aus Bleiglanz gewonnen: $PbS + Fe = Pb + FeS$; durch
15 Rösten von PbS erhält man: $2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2$; wird nun PbO (Bleioxyd, Bleiglätte) mit PbS geschmolzen, so erhält man Pb nach der Gleichung: $2PbO + PbS = 3Pb + SO_2$; dieses Werkblei wird zuerst von Cu, Fe, Ni, Co durch Schmelzen bei mäßiger Tem-
20 peratur im Flammofen befreit werden; die dann noch vorhandenen Verunreinigungen (As, Sb, Sn) werden mit Hilfe von oxydierendem Schmelzen entfernt. Dieses Pb, das noch Au und Ag enthält, wird unter beständigem Luftzutritt auf sog. Treibherden geschmolzen, wobei Pb
25 oxydiert und als Bleiglätte abfließt, während Au und Ag

unoxydiert zurückbleiben. Durch Reduktion der Bleiglätte mit C erhält man das Frischblei. Nach dem Parkes-Prozeß (1850) schmilzt man mit den Bleierzen Zn zusammen und kann so die wertvollen Verunreinigungen für sich gewinnen. 5

(c) Eigenschaften

Auf frischer Schnittfläche bläulichweiß, metallglänzend; an der Luft bald blaugrau anlaufend (Oxydschicht); sehr dehnbar, aber nicht zähe; läßt sich auswalzen oder ausschlagen, und mit dem Messer schneiden; spez. Gewicht = 11,3; gibt auf Papier einen grauen Strich; 10 schmilzt bei 330°; oxydiert dann sehr rasch zu Bleiglätte und in kohlensäurehaltigem Wasser, daher zu Wasserleitungen wenig verwendbar, wenn das H_2O freie CO_2 enthält; wird von HNO_3 sehr rasch aufgelöst; unlöslich in H_2SO_4; von HCl wenig angegriffen; aber organische 15 Säuren oxydieren Pb sofort und lösen die Oxyde auf; darf deshalb nicht zu Eßgefäßen und Konservenbüchsen verwendet werden. Pb mit Sb gibt das Hartblei; 60% Pb + 25% Sb + 15% Sn geben das Letternmetall; Pb und Sn geben das Schnellot; Pb mit 0,2% As geben den 20 Schrot. Die löslichen Bleisalze haben alle einen süßlichen Geschmack; sie sind schleichende Gifte und führen nach Jahren zur tödlichen Bleikolik (Gegenmittel sind Opium und Jodkalium). Pb wird aus seinen Salzen durch Fe und Zn gefällt; wird verwendet zur Herstellung 25 der Bleikammern (Schwefelsäurefabrikation), zum Bedachen der Häuser und Türme, zur Bereitung von Mennige, Bleiweiß, Bleizucker.

C. Homann: *Anorganische Chemie*, Seite 71; Mentor Verlag, Berlin.

QUECKSILBER — HYDRARGYRUM — $Hg^{I,\ II}$

Atom. = 200

(*a*) Vorkommen

Gediegen ganz selten in Tropfen, die eingesprengt oder eingeschlossen sind; meist mit anderen Mineralien gemengt; das wichtigste Vorkommen ist mit S als Zinnober, das in der Rheinpfalz, in Kalifornien, Mexiko, Ungarn, 5 Spanien, Italien, in Südrußland gewonnen wird; Quecksilberchlorür und Quecksilberoxydchlorid werden viel in Texas gefunden; bituminöse Quecksilbererze kommen bei Idria in Krain vor.

(*b*) Darstellung

Man röstet die zinnoberhaltigen Erze in Schacht- oder 10 Flammöfen; dabei verbrennt S zu SO_2; das Hg wird in Verdichtungskammern aufgefangen und enthält meist noch Pb, Sn, Cu, Zn; das Rohquecksilber destilliert man vorsichtig und preßt das gewonnene Hg durch Leder oder läßt es durch eine mit verdünnter HNO_3 angefüllte Röhre 15 tropfen, wobei alle Beimengungen oxydiert und zurückgehalten werden.

(*c*) Eigenschaften

Das einzige Metall, das bei gewöhnlicher Temperatur flüssig ist; silberähnlicher Glanz; in höchst fein zerteiltem Zustande ist es ein graues Pulver; wird fest bei 20 – 39,6°; siedet bei + 358°; spez. Gewicht = 13,59; verdunstet bei gewöhnlicher Temperatur und bildet schädliche Quecksilberdämpfe; chemisch reines Hg hält sich an der Luft unverändert, bedeckt sich beim Erhitzen

mit rotem Quecksilberoxyd; von HNO_3 schon in der Kälte angegriffen, auch von heißer konzentrierter H_2SO_4; von HCl und verdünnter H_2SO_4 nicht angegriffen; dehnt sich beim Erwärmen gleichförmig aus, daher zu Thermometern, Barometern und zur Queck- 5 silberluftpumpe verwendet; ruft im menschlichen Körper schwere Vergiftungserscheinungen hervor; mit Fett innig verrieben zu medizinischen Salben; liefert bei sehr starker Verdünnung ein lichtstarkes Spektrum; Quecksilberlampen in der Photographie; legiert sich 10 mit den meisten Metallen zu Amalgamen; in eisernen Flaschen versandt.

C. HOMANN: *Anorganische Chemie*, Seite 77; Mentor Verlag, Berlin.

VII. Atomlehre

1. QUANTITATIVE ZUSAMMENSETZUNG CHEMISCHER VERBINDUNGEN

Bei unseren bisherigen Versuchen verfolgten wir mit wenigen Ausnahmen das Ziel, aus zwei Elementen eine chemische Verbindung herzustellen (Synthese der Oxyde, 15 Sulfide, Chloride); in einigen Fällen haben wir auch schon Analysen ausgeführt, indem [1] wir z. B. Quecksilberoxyd, Chlornatrium usw. in ihre Bestandteile zerlegten. In allen Fällen interessierte uns hauptsächlich die Frage nach der qualitativen Zusammensetzung einer Verbin- 20 dung. Unser nächstes Ziel soll die Erforschung der Mengenverhältnisse sein, in welchen sich die Elemente in den uns bekannt gewordenen Verbindungen vereinigen; wir berücksichtigen also von jetzt an außer der qualita-

tiven auch die quantitative Zusammensetzung einer Verbindung. Das Verdienst, letztere für viele Stoffe zuerst erforscht zu haben, gebührt Lavoisier († 18. Mai 1794), der als erster die Wage bei seinen Arbeiten be-
5 nutzte. Die Anhänger der Phlogistontheorie hielten die bei den Verbrennungen entstehende Wärme für einen wägbaren Stoff und glaubten, daß die entstehende Verbindung weniger wöge als die Bestandteile zusammen, weil ja die Wärme austrete. Diesen Irrtum mit Hilfe
10 der Wage widerlegt zu haben, ist das große Verdienst Lavoisiers. Er nahm Verbrennungen in einem geschlossenen Gefäß vor und stellte durch Wägung fest, daß trotz der Wärmeabgabe keine Gewichtsabnahme stattfand. Er begründete damit einen Fundamentalsatz der
15 Chemie, das Gesetz von der Erhaltung des Gewichtes (oder der Masse). Dies sagt also aus: Weder[2] bei einer chemischen Verbindung zweier Elemente noch bei der Zersetzung einer Verbindung in ihre Bestandteile kann
20 etwas an Gewicht gewonnen werden oder verloren gehen. — Mit Lavoisier beginnt das Zeitalter der quantitativen Chemie und hiermit die wissenschaftliche Chemie.

Versuch. Man bringt ein Stückchen weißen Phosphor
25 in einen Kolben, verschließt ihn luftdicht und setzt ihn auf die Wage. Dann erwärmt man die Stelle, wo der Phosphor liegt, von außen etwas, so daß er Feuer fängt und ganz oder zum Teil verbrennt. Wägt man nun wieder, so ist keinerlei Gewichtsveränderung festzustellen.
30 — Öffnet man dagegen jetzt den Stopfen, so tritt unter zischendem Geräusch Luft ein und die Wagschale, auf der der Kolben steht, sinkt herunter.

Wasserstoff und Chlor verbinden sich im Volumenverhältnis 1 : 1 zu Chlorwasserstoff:

$$H : Cl = 1 : 1,^3$$

Wasserstoff und Sauerstoff dagegen verbinden sich im Volumverhältnis 2 : 1 zu Wasser: 5

$$H : O = 2 : 1.$$

Von den Volumverhältnissen kann man leicht zu den Gewichtsverhältnissen gelangen, wenn man die Gewichte gleicher Volumina dieser Gase kennt.

1 l Wasserstoff wiegt im Normalzustand (bei 0° und 760 mm Druck) 10	0,09 g
1 l Sauerstoff wiegt im Normalzustand	1,429 g
1 l Chlor " " "	3,165 g.

Da sich 1 l Chlor gerade mit 1 l Wasserstoff zu Chlorwasserstoff vereinigt, so verbinden sich also beide 15 Gase im Gewichtsverhältnis 3,165 : 0,09. Dagegen verbinden sich mit 1 l Sauerstoff 2 l Wasserstoff, d. h. 1,429 Gewichtsteile Sauerstoff mit 2 mal 0,09, also mit 0,18 Gewichtsteilen Wasserstoff.

Die Vereinigung von Arsen mit Sauerstoff erfolgt, wie 20 wir schon gesehen haben, stets in dem Gewichtsverhältnis 25 : 8.

Erhitzt man eine abgewogene Menge Quecksilberoxyd, wägt das entstehende Quecksilber und mißt den freiwerdenden Sauerstoff, so ergibt sich, daß aus 1 g Queck- 25 silberoxyd stets entstehen, abgesehen von unvermeidlichen Versuchsfehlern, 0,926 g Quecksilber und 0,074 g oder (bei 0° und 760 mm) 51,8 ccm Sauerstoff.

Dieser Versuch bestätigt wiederum das Gesetz von der Erhaltung des Gewichts und zeigt zugleich, daß im Queck- 30

silberoxyd Quecksilber und Sauerstoff in ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen verbunden sind.

2. KONSTANTE VERHÄLTNISSE

Wasser und Chlorwasserstoff, Quecksilberoxyd und Arsentrioxyd sind nach konstanten Gewichts- und Volum-
5 verhältnissen zusammengesetzt. Dies war das Hauptergebnis der letzten Versuche. Wenn sich also Wasserstoff mit Sauerstoff oder Wasserstoff mit Chlor verbindet, so wird für eine bestimmte Menge des einen Elements stets eine bestimmte Menge des anderen verbraucht;
10 was von dem einen oder anderen zuviel ist, bleibt unverbunden übrig. Wenn Quecksilberoxyd in die Elemente zerlegt wird, entstehen aus 100 Gewichtsteilen immer 92,6 Gewichtsteile Quecksilber und 7,4 Gewichtsteile Sauerstoff. Zahlreiche Versuche haben ergeben, daß die-
15 ses Gesetz auch für die Verbindungen aller übrigen Elemente im allgemeinen gilt. Im besonderen aber sind die Verhältnisse für je zwei Elemente andere, d. h. eine jede chemische Verbindung hat zwar eine konstante, aber von derjenigen irgend einer anderen chemischen Verbindung
20 abweichende Zusammensetzung. So verbinden sich z. B.:

16	Gewichtsteile	Sauerstoff	mit	2,0	Gewichtsteilen	Wasserstoff
16	"	"	"	12,0	"	Kohlenstoff
16	"	"	"	200,0	"	Quecksilber
16	"	"	"	65,4	"	Zink
25 16	"	"	"	63,6	"	Kupfer
16	"	"	"	56,0	"	Eisen
16	"	"	"	40,1	"	Calcium

usw. usw.

Die Verbindung derselben Elemente mit Schwefel und
30 mit Chlor, Brom, Jod usw. würde wieder andere Gewichts-

verhältnisse verlangen. Die kaum zu übersehende Mannigfaltigkeit der sich hieraus ergebenden Verhältnisse vereinfacht sich aber in außerordentlicher Weise, wenn man bei einer Berechnung derselben für die übrigen Elemente diejenigen Zahlen zugrunde legt, welche bereits für ihre Sauerstoffverbindungen gefunden worden sind. Dann erhält man z. B. für Wasserstoff und Schwefel: 2 Gewichtsteile Wasserstoff mit 32 Gewichtsteilen Schwefel, und wenn man wiederum von 32 Gewichtsteilen Schwefel ausgeht, so ergibt sich für die Zusammensetzung der Sulfide folgende Zusammenstellung:

32	Gewichtsteile	Schwefel	mit	2,0	Gewichtsteilen	Wasserstoff
32	"	"	"	200,0	"	Quecksilber
32	"	"	"	65,4	"	Zink
32	"	"	"	63,6	"	Kupfer
32	"	"	"	56,0	"	Eisen
32	"	"	"	40,1	"	Calcium
				usw. usw.		

Sonach erhält man für jedes Element nur eine Zahl, nach welcher sich die Verbindungsverhältnisse desselben mit allen übrigen Elementen regeln.

Diese Zahlen, für O = 16, S = 32, Hg = 200 usw., welche diejenigen Gewichtsmengen ausdrücken, mit denen die Elemente chemische Verbindungen eingehen, nennt man Verbindungsgewichte der Elemente.

In diesen festen Gewichtsverhältnissen liegt der wichtigste Unterschied der chemischen Verbindungen von den bloß mechanischen Gemengen, oder mit anderen Worten: sobald die Elemente nur mechanisch miteinander gemengt sind, z. B. Sauerstoff mit Wasserstoff, Wasserstoff mit Chlor, gepulvertes Eisen mit gepulvertem Schwefel usw., sind alle beliebigen Verhältnisse möglich; sobald

aber die chemische Verbindung eintritt, nimmt das eine Element von dem anderen stets die ihm zukommende Menge. Diese Tatsache wurde durch die von Lavoisier eingeleitete quantitative chemische Forschung fest-
5 gestellt. Proust[4] faßte 1801 die Ergebnisse zusammen in dem Gesetz der konstanten Verhältnisse. Wenn sich zwei oder mehrere Elemente miteinander verbinden, so geschieht dies stets nach ganz bestimmten (konstan-
10 ten) Gewichts- und Volumverhältnissen.

3. VIELFACHE VERHÄLTNISSE ODER MULTIPLE PROPORTIONEN

Schon zu Ende des 18. Jahrhunderts hatte man erkannt, daß zwei Elemente oft mehrere untereinander verschiedene Verbindungen miteinander bilden, die sämtlich
15 wieder nach konstanten Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt sind.

1. **Beispiel.** Für den Kohlenstoff und Sauerstoff läßt sich dies sehr einfach dadurch beweisen, daß man ein Rohr mit gut getrockneter Kohle füllt, der ganzen Länge
20 nach[5] erhitzt und dann vorsichtig Sauerstoff hindurchleitet. Das austretende Gas ist brennbar, kann also nicht Kohlendioxyd sein, gleichwohl muß es aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehen. Hält man eine innen mit Kalkwasser benetzte Glasglocke über die Flamme, so
25 überzieht sich die Innenwand mit einem weißen Beschlage, ein Zeichen, daß durch Verbrennung des Gases Kohlendioxyd entsteht.

Hieraus ergibt sich mit Sicherheit, daß das brennende Gas weniger Sauerstoff enthält als das Kohlendioxyd.

Es[6] existieren also zwei Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff: Sie heißen Kohlenoxyd und Kohlendioxyd. Eine vergleichende quantitative Analyse ergibt, daß auf die gleiche Kohlenstoffmenge das Kohlendioxyd genau doppelt soviel Sauerstoff enthält, als das Kohlenoxyd.

2. **Beispiel.** Erhitzt man in einem Probierröhrchen ein Stückchen Schwefelkies, so bildet sich an den Wänden bald ein gelber Beschlag von ausgeschiedenem Schwefel, während das Mineral selbst in einen schwarzen Körper übergeht, der ebenso wie das aus den Elementen dargestellte Schwefeleisen mit Salzsäure übergossen Schwefelwasserstoff liefert, also noch Schwefel enthält. Es gibt also zwei Sulfide des Eisens, in denen sich die Schwefelmengen, die mit der gleichen Gewichtsmenge Eisen verbunden sind, ebenfalls (wie die genaue Analyse gezeigt hat) wie 2 : 1 verhalten. Im Schwefelkies kommen auf 56 Gewichtsteile (1 Verbindungsgewicht) Eisen 64 = 2 × 32 Gewichtsteile Schwefel. Im Schwefeleisen kommen auf 56 Gewichtsteile Eisen 32 = 1 × 32 Gewichtsteile Schwefel.

Gesetz der vielfachen Verhältnisse oder multiplen Proportionen: *Wenn sich zwei Elemente in mehr als einem Verhältnis miteinander verbinden, so geschieht dies stets so, daß die Gewichtsmengen des einen, welche sich mit derselben Gewichtsmenge des anderen verbinden, untereinander im Verhältnis einfacher ganzer Zahlen stehen.*

Für dieses Gesetz fand Dalton[7] eine möglichst einfache und anschauliche Erklärung in der schon von den Griechen aufgestellten Atomhypothese. Der eigentliche Begründer

der Atomlehre ist Demokrit von Abdera,[8] der aus dem Bestreben heraus, die Umwandlungen und Verschiedenheiten der Stoffe einheitlich zu erklären, folgende Annahme machte: Die Stoffe bestehen aus Atomen, d. h.
5 unteilbaren Teilchen eines und desselben Urstoffes. Die Verschiedenheit der Stoffe rührt her von einer Verschiedenheit in der Zahl, Größe, Gestalt und Ordnung ihrer Atome. Während nun diese Annahme eine reine Spekulation ohne experimentelle Grundlage war, geht die in den
10 Jahren 1802–1808 begründete Daltonsche Atomlehre von planmäßig angestellten Versuchen, von Tatsachen aus. Nach Dalton sind die Atome die kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen der Elemente. Es gibt also ebensoviele verschie-
15 dene Atome, wie es Elemente gibt. Man kann Daltons Hypothese zusammenfassen in die beiden Sätze:

Jedes Element besteht aus gleichartigen Atomen von unveränderlichem Gewicht. Die chemischen Verbindungen bilden sich durch
20 Vereinigung der Atome verschiedener Elemente nach einfachsten Zahlenverhältnissen.

Nach diesen Hypothesen kann sich z. B. ein Atom des Elementes A sowohl mit 1, als auch mit 2, 3 oder mehr Atomen des Elementes B verbinden oder umgekehrt.
25 Dann müssen aber die verschiedenen Gewichtsmengen des Elementes B, die sich mit derselben Gewichtsmenge des Elementes A verbinden, zueinander im Verhältnis ganzer Zahlen (1 : 2 : 3 : . . .) stehen. Das Gesetz der vielfachen Verhältnisse wird so überaus anschaulich und
30 einfach erklärt.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 61.

VIII. Valenz oder Wertigkeit

Die Atome der verschiedenen Elemente besitzen eine sehr verschiedene Verbindungsfähigkeit (atombindende Kraft). Einige Elemente können mehr, andere wieder weniger Atome eines dritten Elements, und umgekehrt kann in vielen Fällen ein und dasselbe Atom von dem einen Element mehr, von dem anderen weniger binden. Für je zwei Elemente aber hat die atombindende Kraft erfahrungsmäßig eine gewisse Grenze. Um hiernach die Elemente einzuteilen, geht man von dem mit der geringsten atombindenden Kraft begabten aus und wählt dieses als Einheit. Das ist der Wasserstoff, dessen Atom stets nur ein Atom eines anderen Elementes zu binden vermag.[1]

Nimmt man das H-Atom als einwertig an und bezeichnet diejenigen Elemente, deren Atome nur ein H-Atom binden können, ebenfalls als einwertig, die, deren Atome sich mit 2 H-Atomen vereinigen, als zweiwertig usw., so ist, wie die Formeln: HCl, H_2O, H_3P, H_4C — welche die Symbole bekannter Verbindungen sind — erkennen lassen: das Chlor einwertig, Sauerstoff zweiwertig, Phosphor dreiwertig und Kohlenstoff vierwertig. Um die bindende Kraft (Wertigkeit) auch für diejenigen Elemente festzustellen, die keine chemische Verbindung mit dem Wasserstoff eingehen, wie die meisten Metalle, betrachtet man ihre Verbindungen mit dem einwertigen Chlor, oder dem zweiwertigen Sauerstoff.

Die Wertigkeit oder Valenz wird durch römische Ziffern bezeichnet, welche man oben rechts neben das Symbol des Elements schreibt, also:

$$Cl^{I} \quad O^{II} \quad P^{III} \quad C^{IV}.$$

Die Wertigkeitskoeffizienten dem Wasserstoff gegenüber [2] entsprechen im allgemeinen der früher gegebenen Einteilung der Elemente in Gruppen, insofern die Elemente, welche derselben Gruppe angehören, auch gleiche Wertigkeit besitzen (mit wenigen Ausnahmen). Es sind nämlich die Elemente

Wasserstoff und die	
der Halogengruppe	1-wertig
der Sauerstoffgruppe	2-wertig
der Stickstoffgruppe	3-wertig
der Kohlenstoffgruppe	4-wertig (B^{III})
der Alkalimetallgruppe	1-wertig
der Alkalierdmetallgruppe.....	2-wertig
der Erdmetallgruppe	3-wertig
der Eisengruppe	3-wertig (Zn^{II}, Cd^{II})
der Kupfergruppe	2-wertig (Ag^{I})
die übrigen Metalle	4-wertig (Au^{III}, Bi^{III}).

Zu dieser Zusammenstellung muß aber ausdrücklich bemerkt werden, daß sie den tatsächlichen Verhältnissen, wie wir sie bei den chemischen Verbindungen zweier Elemente finden, nur teilweise gerecht wird. Es zeigt sich [3] nämlich, daß manche Elemente mit an Zahl verschiedenen Wertigkeiten auftreten können, je nach der chemischen Natur desjenigen Elements, mit dem sie sich verbinden, ja daß sie sogar ein und demselben Element gegenüber verschiedenwertig sein können. So ist der Schwefel zwar dem Wasserstoff gegenüber zweiwertig (H_2S); von dem einwertigen Chlor kann er jedoch vier — (SCl_4) —, vom einwertigen Jod sogar 6 Atome binden — (SJ_6) —; und dem zweiwertigen Sauerstoff gegenüber äußert er sich als vier- und sechswertig, was die Formeln

SO_2 und SO_3 ausdrücken. Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, treten drei- und fünfwertig in ihren Verbindungen auf, wie aus den Formeln NH_3, N_2O_5, PCl_3, PCl_5 hervorgeht. Die Metalle Eisen, Chrom, Mangan, Kobalt treten mit 2 und 3 Wertigkeiten auf usw. Die Wertigkeit der Elemente darf demnach nicht als eine feststehende Eigentümlichkeit der Elemente angesehen werden; man muß sich vielmehr stets gegenwärtig halten, daß die ganze Lehre von der Wertigkeit einen durchaus hypothetischen Charakter trägt. Sie ist erdacht worden, um die Tatsache zu erklären, daß die Atome verschiedenartiger Elemente sich nicht immer in derselben Anzahl zu Molekülen vereinigen und aus dem Bedürfnis, in diese Verschiedenheit der Verbindungen eine gewisse Ordnung zu bringen.

Die Wertigkeitskoeffizienten der Elemente und die Schreibweise der Molekularformeln ihrer Verbindungen stehen in innigem Zusammenhange, wie ein Blick auf die Formeln HCl, OCl_2, PCl_3, CCl_4 zeigt. Noch mehr tritt dieser Zusammenhang hervor, wenn man zugleich in den Formeln, wie es vielfach geschieht, der Wertigkeit Ausdruck gibt:

$$\mathrm{H{-}Cl} \qquad \mathrm{O}\begin{matrix} / \mathrm{Cl} \\ \backslash \mathrm{Cl} \end{matrix} \qquad \mathrm{P}\begin{matrix} / \mathrm{Cl} \\ {-}\mathrm{Cl} \\ \backslash \mathrm{Cl} \end{matrix} \qquad \mathrm{C}\begin{matrix} / \mathrm{Cl} \\ < \mathrm{Cl} \\ < \mathrm{Cl} \\ \backslash \mathrm{Cl} \end{matrix}$$

Die Striche sollen andeuten, wie die Atome miteinander verbunden sind. Die Art und Weise, wie man diese Verbindungen bildlich darstellt, ist gleichgültig. Es lassen sich [4] z. B. die obigen Verbindungen auch folgendermaßen schreiben:

```
                              Cl   Cl          Cl
                                \ /            |
H—Cl      Cl—O—Cl                P        Cl—C—Cl
                                 |             |
                                 Cl            Cl
```

Formeln dieser Art werden Strukturformeln oder Konstitutionformeln genannt; sie sollen uns den Bau des Moleküls veranschaulichen.

Um sich ein Bild von den Wertigkeitsverhältnissen eines Atoms zu machen, kann man sich vorstellen, daß jedes Atom gewisse Punkte (deren Zahl aber nicht konstant ist) besitzt, welche es befähigen, sich mit anderen Atomen zu verbinden (Affinitätspunkte, Verwandtschaftseinheiten). Die Wertigkeit würde dann der Zahl dieser Verwandtschaftseinheiten entsprechen; stellt man, wie in den letzten Formeln, die Verbindung der Atome durch Striche dar, so entspricht jeder Strich einer Verwandtschaftseinheit.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 80.

IX. Wasser

Wasser ist eine chemische Verbindung zweier an sich[1] gasförmiger Körper: Wasserstoff und Sauerstoff. Indem sich beide Gase innig miteinander verbinden, entsteht das bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Wasser. Diese Verbindung wird herbeigeführt *a*) durch Verbrennen von Wasserstoff in einer Sauerstoff enthaltenden Atmosphäre; statt dessen[2] kann man auch Sauerstoff oder Luft in einer Wasserstoffatmosphäre verbrennen (umgekehrte Flammen), *b*) beim Entzünden eines in richtigem Verhältnis hergestellten Gemisches von Wasserstoff und Sauerstoff

(2 : 1) entweder an einer Flamme oder durch den elektrischen Funken; eine chemische Verbindung der beiden Gase erfolgt jedesmal, wenn ein Gemisch derselben auf die nötige Entzündungstemperatur gebracht wird. In allen Fällen explodiert das Gemenge mit sehr heftigem Knalle. Es heißt deshalb Knallgas. Die Verbrennung desselben erfolgt unter sehr hoher Wärmeentwicklung. Um dieselbe gefahrlos zu machen, bedient man sich des Knallgasgebläses, in welchem die beiden Gase in dem Moment entzündet werden, wo sie zusammenkommen. In dieser Flamme schmilzt selbst Platin; Kalk oder Zirkonerde werden zum heftigsten Glühen gebracht, wobei sie ein intensives Licht ausstrahlen (Drummondsches[3] Kalklicht). Läßt man aus einer feinen Spitze Wasserstoff gegen fein verteiltes Platin (Platinschwamm) strömen, so wird es glühend und der Wasserstoff entzündet sich an ihm. Hierauf beruht die Döbereinersche[4] Zündmaschine, die vor der Erfindung der Zündhölzer vielfach zur Anwendung kam. Unter dem Einfluß des fein verteilten Platins vereinigen sich Wasserstoff und Sauerstoff so schnell, daß die dabei erzeugte Wärme das Platin zum Glühen bringt. Das Platin selbst wird dabei in keiner Weise verändert. Stoffe, die chemische Vorgänge beschleunigen, ohne selbst dabei verändert zu werden, nennt man Katalysatoren, den Vorgang bezeichnet man als Katalyse.

Das Wasser nimmt den großartigsten Anteil an den Veränderungen der Erdoberfläche und an dem Leben und Gedeihen der sie bewohnenden organischen Wesen (Pflanzen wie Tiere). Aus den Wolken, die durch Kondensation der Wasserdämpfe entstanden sind, als Regen herabströmend, bewässert es das ganze Land, macht fort und fort

durch das ihm innewohnende Lösungsvermögen zahlreiche Stoffe, die in den Gesteinen und im Erdboden vorhanden sind, flüssig (Auflösung), zerreißt Berge und Felsen, führt sie hinab ins Tal und überflutet zeitweilig ganze Land-
5 striche, die es nicht selten, nachdem es wieder abgeflossen ist, auf weite Strecken hin mit Schlamm bedeckt zurückläßt. Gleichzeitig aber befruchtet es auch das Erdreich, indem es ihm die zur Ernährung der Pflanzen notwendigen Stoffe im gelösten Zustande zuführt.

10 Für die Entwicklung der organischen Wesen ist das Wasser von der allerhöchsten Bedeutung. Der Körper der Pflanzen und Tiere besteht zum größten Teile[5] aus Wasser, welches in den Organen derselben in einer eigentümlichen Weise eingeschlossen ist, so daß es diese nicht
15 durchnäßt, wohl aber in einem vollsaftigen, strotzenden Zustande (Schwellung oder Turgeszenz) erhält, der eine unerläßliche Bedingung des organischen Lebens ist (Wiederauffrischen abgeschnittener, welker Pflanzen nach dem Einstellen ihrer Stiele in Wasser). Zugleich dient es als
20 Lösungsmittel für alle zum Leben notwendigen Substanzen (Nährstoffe), die es im flüssigen Zustande durch die Organe verbreitet und an die für die Ernährung bestimmten Orte führt, wo sie in Körpersubstanz umgewandelt werden.

25 Welch hohe Bedeutung das Wasser außerdem für die gewerblichen Verrichtungen der Menschen besitzt, weiß jeder. (Beispiele!)

Die natürlich vorkommenden Wässer sind: Regenwasser (und Schnee), Tau (und Reif), Quellwasser (Brunnen-
30 oder Trinkwasser), Flußwasser, Mineralwässer und Meerwasser. Sie sind niemals rein, sondern enthalten immer mehr oder weniger fremde (mineralische und auch orga-

nische) Bestandteile, welche sie auf ihrem Wege von den Wolken herab bis zum Meere infolge ihres Lösungsvermögens in sich aufgenommen und in den flüssigen Zustand übergeführt haben. Am wenigsten davon enthält das Regenwasser und der Tau, doch sind auch diese, da sie mit dem Staube der Atmosphäre in Berührung gekommen sind, nicht völlig rein. Das Quellwasser enthält verschiedene Bestandteile des Erdbodens, durch den es geströmt ist, und hinterläßt dieselben nach dem vollständigen Eindampfen als einen festen Rückstand. Das Flußwasser ist in der Regel ärmer an solchen Bestandteilen, da sich ein Teil der in den Quellen enthaltenen Stoffe während des ruhigen Laufs der Flüsse wieder ausscheidet. Dagegen enthalten die Mineralwässer in der Regel so viel mineralische Bestandteile gelöst, daß sie danach schmecken. Das Meerwasser endlich ist eine Lösung verschiedener Salze, etwa 3,5 %, unter denen das gewöhnliche Kochsalz vorwaltet (2,7 %).

Auch Gase vermag das Wasser in sich aufzunehmen, aufzulösen oder zu absorbieren und im flüssigen Zustande festzuhalten; erst nach längerem ruhigen Stehen scheidet sich ein Teil derselben wieder aus (Gasbläschen an den Wänden eines mit Brunnenwasser gefüllten Glases nach dem Stehen über Nacht). Rasch erfolgt die Ausscheidung beim Kochen. Unter diesen Gasen befindet sich bei den natürlichen Wässern auch stets Luft. Doch ist diese Luft sauerstoffreicher (35 % O und 65 % N) als die atmosphärische, weil der Sauerstoff in Wasser leichter löslich ist als der Stickstoff. Der Sauerstoff gelangt auf diese Weise zu den Wassertieren und unterhält den Atmungsprozeß derselben.

Um ein wirklich reines Wasser zu erhalten, muß man

es destillieren (destilliertes Wasser). Liebigscher[6] Kühler! Schlangenkühler!

Versuch. Destillation von gefärbtem Wasser.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 17.

X. Natur der Oxyde

Sämtliche unedlen Metalle und die meisten Metalloide
5 verbinden sich direkt mit Sauerstoff zu neuen Produkten, welche im allgemeinen Oxyde genannt werden. Die äußeren Eigenschaften der Oxyde sind zwar sehr verschieden, doch lassen sie sich ungezwungen in drei Gruppen ordnen.

10 1. Indifferente Oxyde: die Oxyde der schweren Metalle und des Aluminiums, in Wasser unlöslich, ohne Geschmack und ohne Reaktion auf Pflanzenfarben. Farbe verschieden.

2. Basenanhydride: die Oxyde der leichten
15 Metalle (außer Aluminium); in Wasser löslich, und zwar leicht (eigentliche Alkalien: Kali und Natron), oder weniger leicht (alkalische Erden: Kalk, Baryt, Strontian, Magnesia). Geschmack der Lösungen ätzend, Reaktion auf Farben alkalisch, d. h. rotes Lackmus bläuend und
20 gelbe Curcuma bräunend.

3. Säurenanhydride: die Mehrzahl der Metalloidoxyde. In Wasser löslich (Schwefeldioxyd, Phosphorpentoxyd, Arsentrioxyd, Kohlendioxyd, Bortrioxyd) oder unlöslich (Antimontrioxyd und Siliciumdioxyd): die
25 Lösungen der in Wasser löslichen Oxyde färben blauen Lackmusfarbstoff rot (saure Reaktion) und heißen Säuren.

Versuch. Man rühre[1] in mehreren nebeneinander

stehenden Kelchgläsern die obengenannten Oxyde mit Wasser zusammen, lasse die Gläser einige Zeit stehen und prüfe dann die Flüssigkeit durch Eintauchen von blauem und rotem Lackmuspapier.

Ergebnis. 1. Die Oxyde der schweren Metalle und 5 das des Aluminiums sind in Wasser unlöslich und indifferent gegen Geschmack und Lackmus.

2. Die Oxyde der Alkali- und Alkalierdmetalle sind in Wasser löslich und schmecken ätzend. Ihre Lösungen bläuen rotes Lackmus, bräunen Curcuma. Magnesium- 10 oxyd ist sehr wenig löslich.

Die Erstarrungsrinde des Erdkörpers besteht bis zu einer großen Tiefe hinab[2] hauptsächlich aus Oxyden; wir leben auf einem durchaus verbrannten Boden. Die Hauptbestandteile des Ackerlandes, des Wiesengrundes 15 und des Waldbodens sind Ton und Sand (Kieselsäure), gemengt mit geringen Mengen Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Kali, gebunden an Säuren, darunter namentlich Kohlensäure und Phosphorsäure. Die Felsarten, durch deren Verwitterung der Ackerboden, überhaupt das 20 Schwemmland, entstanden sind, enthalten im großen und ganzen ebenfalls die genannten Oxyde als Bestandteile. Endlich ist auch das Wasser des Meeres und der Flüsse ein Oxydationsprodukt. Es liegen also ganz ungeheure Mengen Sauerstoff gebunden in der festen und 25 flüssigen Erdrinde, und außerdem enthält die Atmosphäre noch sehr bedeutende Mengen in freiem Zustande. Durch diesen atmosphärischen Sauerstoff werden mit Ausnahme der edlen Metalle und des Diamants ohne Unterlaß alle brennbaren Körper (unedle Metalle und 30 organische Substanzen) oxydiert, und zwar entweder rasch mit Flamme (gewöhnliche Verbrennung) oder lang-

sam ohne Flamme (langsame Verbrennung, welche bei den Metallen im allgemeinen Rosten, bei den organischen Stoffen Vermoderung und Verwesung genannt wird); endlich auch bei der Atmung der lebenden Wesen. Die
5 Oxydation oder Verbrennung ist also einer der allgemeinsten Vorgänge auf der ganzen Erdoberfläche, und es müßte demnach mit der Zeit alles Brennbare verbrennen und verbrannt bleiben, wenn nicht andere Vorgänge existierten, die den verbrannten Körpern, wenigstens
10 denen einer gewissen Kategorie, ihren Sauerstoff wieder entzögen und so einen Wechsel aufrecht erhielten, welcher, solange die gegenwärtigen Bedingungen unseres Erdkörpers unverändert bleiben, seinerseits unbegrenzt erscheint.

Hierüber wird in dem Abschnitte, welcher über die
15 Reduktionen handelt, näheres auszuführen sein.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 44.

XI. Natur der organischen Verbindungen

Die organische Chemie ist die Chemie der Kohlenstoffverbindungen. Die Zahl der Kohlenstoffverbindungen oder organischen Verbindungen ist außerordentlich groß und durch fortdauernde neue Entdeckungen in stetem
20 Wachsen begriffen. Jetzt gibt es mehr als 100 000.

Ehedem (vor 1828) waren außer dem Kohlenoxyd, dem Kohlendioxyd und einigen anderen nur solche Kohlenstoffverbindungen bekannt, welche durch die Lebenstätigkeit der Organismen innerhalb des Tier- und Pflan-
25 zenkörpers entstehen oder sich durch nachträgliche Zersetzung und Wechselwirkung derselben bilden. Deshalb galt es als feststehend, daß die organischen, d. h. im lebenden Organismus aufgebauten Verbindungen nicht

wie die anorganischen aus den Elementen, oder aus einfacheren Substanzen auf synthetischem Wege[1] dargestellt werden könnten, und demgemäß schien auch die Annahme nicht ungerechtfertigt, daß in den Organismen eine eigentümliche Kraft, die sogenannte Lebenskraft, vorhanden sei, unter deren Einfluß eben jene Verbindungen sich bildeten. Diese Ansicht mußte aber als eine irrtümliche aufgegeben werden, nachdem Wöhler[2] im Jahre 1828 den Harnstoff, der bis dahin nur als ein Produkt des tierischen Stoffwechsels bekannt war, auf künstlichem Wege dargestellt hatte. Dieser epochemachenden Entdeckung sind im 19. Jahrhundert andere derselben Art gefolgt, so sind das Alizarin, der Indigo, das Coniin, der Trauben- und der Fruchtzucker, Körper, die bis dahin nur aus den Pflanzen gewonnen werden konnten, auch künstlich im Laboratorium dargestellt worden. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß es zur Bildung der organischen Verbindungen einer besonderen Lebenskraft nicht bedarf.

Wenn man gleichwohl die organische Chemie als einen selbständigen Zweig der Chemie von der anorganischen unterscheidet, so sind dabei vor allen Dingen Zweckmäßigkeitsgründe maßgebend, weil die außerordentlich große Anzahl und die besonderen Eigenschaften der organischen Verbindungen eine abweichende Behandlung dieses Wissensgebietes wünschenswert und nötig machen.

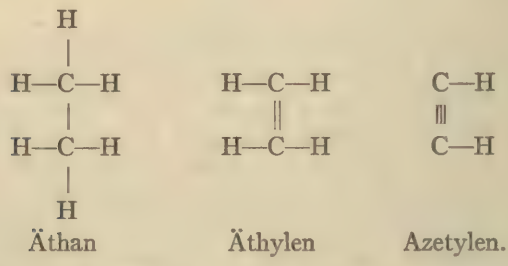
Die Anzahl der am Aufbau der organischen Verbindungen beteiligten Elemente ist verhältnismäßig gering. Der Kern aller organischen Körper ist der Kohlenstoff; mit ihm verbinden sich Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, in einigen Fällen auch Schwefel, Phosphor und die Halogene; die schweren Metalle fehlen, mit Ausnahme des

Eisens, in den organischen Körpern gänzlich. — Dennoch ist die Zahl der heute bekannten Kohlenstoffverbindungen fast unübersehbar. Diese Tatsache findet ihre Erklärung in folgenden Eigentümlichkeiten, die man für das C-Atom annimmt.

1. Das C-Atom ist in seinen Verbindungen konstant vierwertig (ausgenommen im CO) und seine vier Wertigkeitskräfte können durch Atome anderer Elemente gesättigt werden, z. B.:

$$\mathrm{C}{<}^{\mathrm{O}}_{\mathrm{O}}\ (\mathrm{C{=}O}, \mathrm{C{=}O}),\quad \mathrm{C}{<}^{\mathrm{S}}_{\mathrm{S}},\quad \mathrm{C}{<}\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{H}\\\mathrm{H}\\\mathrm{H}\end{matrix},\quad \mathrm{C}\begin{matrix}\diagup\mathrm{H}\\-\mathrm{H}\\\diagdown\!\!\diagdown\mathrm{O}\end{matrix},\quad \mathrm{C}{<}\begin{matrix}\mathrm{H}\\\mathrm{Cl}\\\mathrm{Cl}\\\mathrm{Cl}\end{matrix}.$$

2. Die C-Atome können sich wie die Glieder einer Kette aneinander hängen, indem sie sich mit je einer oder mehreren Wertigkeiten gegenseitig binden; so entstehen die Verbindungen mit offener Kohlenstoffkette, z. B.:



Äthan Äthylen Azetylen.

Organische Körper, bei denen man nur einfache Bindung zwischen den C-Atomen annimmt, heißen gesättigte, diejenigen mit zwei- oder dreifacher Kohlenstoffbindung ungesättigte.

3. Eine offene Kette aus C-Atomen kann sich mit

ihren Endgliedern zusammenschließen; so entsteht ein ringförmig (zyklisch) gebautes Molekül, wie man es für das Benzol, C_6H_6, annimmt, z. B.:

```
        H
        C
     //   \
  HC        CH
   |        ||  ,
  HC        CH
     \\   /
        C
        H
```

von dem sich eine sehr große Zahl von Verbindungen ableitet.

4. Durch die unter 1–3 aufgeführten Annahmen für das C-Atom kann zwar die große Anzahl der organischen Verbindungen im allgemeinen erschöpfend erklärt werden, aber doch nicht völlig. Schon 1830 fand Berzelius, daß zwei organische Verbindungen (Wein- und Traubensäure), welche laut Analyse dieselben Atome in gleicher Anzahl im Molekül hatten, dennoch ganz verschiedene physikalische und chemische Eigenschaften besaßen. Er nannte diese Körper i s o m e r und erklärte ihre Existenz durch die Annahme, daß die Atome innerhalb der Moleküle in verschiedener Weise angeordnet sind. Wir werden solchen isomeren Körpern häufig begegnen.

QUALITATIVE UNTERSUCHUNG ORGANISCHER VERBINDUNGEN

Ob ein Körper ein organischer ist, wird leicht daran[3] erkannt, daß er beim Erhitzen unter Luftabschluß verkohlt und dabei meist brenzlich riechende, mit leuchtender Flamme brennende Gase liefert, daß er ferner beim Ver-

brennen, sei es an der Luft oder unter der Einwirkung von Oxydationsmitteln, Kohlendioxyd und Wasser gibt.

Versuche. 1. Man erhitze [4] im bedeckten Tiegel Holz, Zucker, Talg, Federn usw.; die Substanz verkohlt, brennbare Gase entweichen.

2. Man halte über eine brennende Kerze zunächst ein trockenes Becherglas, dann ein solches, dessen Innenwände mit Kalkwasser befeuchtet sind; das erste beschlägt, das Kalkwasser im zweiten wird getrübt.

3. Man erhitze ein Gemenge von 2 g Stärke mit etwa 20 g trockenem Kupferoxyd im Reagensrohr und leite die entweichenden Gase zuerst durch ein gekühltes, trockenes U-Rohr, dann in ein Becherglas mit Kalkwasser. Im U-Rohr sammelt sich Wasser, das Kalkwasser wird getrübt.

Stickstoffhaltige organische Verbindungen werden in den meisten Fällen als solche leicht erkannt, wenn man ein wenig der Substanz im Reagensrohr mit festem Natroncalciumhydrat (Natronkalk) erhitzt. Der Stickstoff entweicht in Form von Ammoniak, welches am Geruch oder mit Salzsäure erkannt wird. (Versuch mit Hornspänen.) Phosphor, Schwefel und die Halogene werden nach den aus der anorganischen Chemie bekannten Methoden ermittelt.

Die Reinheit eines organischen Körpers wird durch die Bestimmung des Siedepunktes, bzw. des Schmelzpunktes, des spezifischen Gewichts oder auch der Kristallform ermittelt; nur wenn eine Verbindung absolut rein ist, sind Siedepunkt und Schmelzpunkt konstant.

KLASSIFIKATION DER ORGANISCHEN VERBINDUNGEN

Die organischen Verbindungen werden nach dem inneren Bau ihres Moleküls in zwei Hauptklassen eingeteilt; diese sind:

1. Fettkörper; sie lassen sich von Kohlenwasserstoffen mit offener Kohlenstoffkette ableiten; man rechnete 5 ursprünglich nur die natürlichen Fette hierher und deren unmittelbare Bestandteile. Später reihte man ihnen alle ähnlich zusammengesetzten Körper an und dehnte den Namen schließlich auf alle Verbindungen aus, die nach ihrem chemischen Verhalten auf eine offene Kohlenstoff- 10 kette schließen lassen.

2. Aromatische Körper oder zyklische Verbindungen; sie lassen sich ableiten vom Benzol C_6H_6, in dessen Molekül man einen geschlossenen Kohlenstoffring annimmt. Viele unter diesen haben aromatischen Geruch, daher die 15 Bezeichnung.

Für die weitere Einteilung dieser beiden Hauptgruppen ist die Art, wie sie sich gegenseitig zersetzen oder miteinander verbinden, wie sie sich unter dem Einfluß von Wärme, Licht, Elektrizität oder mit Hilfe chemischer 20 Reagenzien (z. B. Oxydations- und Reduktionsmitteln usw.) zerlegen (spalten) oder in andere Verbindungen überführen lassen, maßgebend.

In letzterer Hinsicht zeigt sich im allgemeinen, daß bei den Umsetzungen der organischen Körper gewisse 25 Gruppen von Atomen in dem Molekül, in welchem sie enthalten sind, unter sich einen festeren Zusammenhalt haben, als mit den übrigen Atomen, so daß sie bei der Zersetzung des Moleküls nicht auseinanderfal-

len, sondern als Ganzes wieder in neue Verbindungen eintreten können.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 385.

XII. Nahrungsmittel

Nicht alle Stoffe, die der Mensch zu seiner Ernährung benutzt, dienen dem Stoffwechsel in unmittelbarer Weise;
5 sehr viele üben nur einen Reiz auf die Nerven, indem sie die Tätigkeit derselben in eigentümlicher Weise modifizieren. Diese sog. Genußmittel, welche man von den eigentlichen Nahrungsmitteln zu unterscheiden pflegt, sind trotzdem für die Ernährung von besonderer Wich-
10 tigkeit, da gerade bei der Verdauung die Nerventätigkeit von hohem Einfluß ist.

I. EIGENTLICHE NAHRUNGSMITTEL

Bei der Klassifikation derselben nach ihrem Nährwert ist vor allem ihr Gehalt an stickstoffhaltiger und stickstofffreier Substanz maßgebend, da hiernach bei der
15 Auswahl und der Zusammensetzung der Speisen deren Menge zu bemessen ist. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Nahrungsmittel, nach ihrer chemischen Zusammensetzung geordnet, zusammengestellt.

ZUSAMMENSETZUNG DER WICHTIGSTEN NAHRUNGSMITTEL

Animalische

Namen	Wasser	Eiweiß-körper	Fett	Kohle-hydrate
Rindfleisch, mager	75	20	3	
Kalbfleisch, mager	72	18	6	
Hammelfleisch, mager ...	73	20	3	
Schweinefleisch	72	20	6	
Hühnerfleisch...........	74	18	3	

Karpfen	77	21	1	
Hecht	77	20	1	
Lachs	75	15	5	
Aal	62	14	22	
Hering, frisch	70	14	10	
Hering, gesalzen	48	20	12	
Käse, deutsch	40	42	7	3
Käse, Schweizer	36	25	30	5
Käse, holländischer	36	30	27	6
Eier	75	14	10	
Milch	84	4	6	4
Rindstalg	2	1	97	
Schweineschmalz	1	..	99	
Butter	10	5	85	

Vegetabilische

Namen	Wasser	Eiweißkörper	Fett	Kohlehydrate
Erbsen, trocken	14	22	3	58
Bohnen, weiße	14	24	2	56
Linsen	13	24	2	55
Weizenmehl, fein	15	9	1	75
Weizenmehl, grob	14	12	1	72
Roggenmehl	14	11	2	71
Graupen	13	7	1	76
Reis	14	7	1	77
Maismehl	11	14	4	72
Hirse	11	11	4	68
Roggenbrot	44	6	1	48
Weizengebäck	38	6	1	52
Grüne Erbsen	80	6	1	12
Kartoffeln	75	2	1	20
Stärkemehl	15	1	..	84
Grünes Gemüse	90	2	1	6
Obst, frisch	83	4	..	13
Obst, gedörrt	15	1	..	67
Kopfsalat	95	1	3	2

Die Zahlen dieser Tabelle sind nur Mittelwerte; sie geben aber ein Bild von dem Nährwert der verschiedenen Nahrungsmittel. Obenan stehen die animalischen Nahrungsmittel durch ihren hohen Gehalt an Eiweiß, welches überdies meistens leicht verdaulich ist, d. h. mit nur geringem Aufwand organischer Kraft durch den Verdauungsprozeß in den assimilierbaren Zustand übergeführt wird. Von den vegetabilischen Nahrungsmitteln zeichnen sich vor allem die Hülsenfrüchte (Erbsen, Bohnen, Linsen), durch ihren hohen Eiweißgehalt aus, welcher den der Fleischsorten sogar noch etwas übertrifft. Allein dieses ist zunächst eine Folge des bedeutend geringeren Wassergehaltes der Hülsenfrüchte im Vergleich mit frischem Fleisch, so daß, auf gleiche Mengen Trockensubstanz berechnet, der Eiweißgehalt jener hinter dem des Fleisches beträchtlich zurückbleibt. Außerdem wird das Legumin weit schwerer verdaut, als das Myosin des Muskelfleisches oder das Albumin der Eier, so daß die Leguminosen keineswegs dem Fleisch gleichwertig sind. Immerhin müssen sie als ein vortreffliches Pflanzennahrungsmittel angesehen werden. Alle übrigen Nahrungsmittel aus dem Pflanzenreich stehen in bezug auf ihren Eiweißgehalt ganz bedeutend zurück, sind also für sich [1] zur Ernährung entweder gar nicht oder nur sehr unvollkommen geeignet. Sollte z. B. allein durch Gemüse oder Kartoffeln der für den Stoffwechsel nötige Eiweißbedarf geschafft werden, so müßten davon so enorme Mengen aufgenommen werden, daß sie der Verdauungsapparat gar nicht bewältigen könnte. Die Ernährung des Menschen durch bloße Pflanzenkost ist demnach irrationell.

Dagegen sind die vegetabilischen Nahrungsmittel durchaus nützlich, ja notwendig als Beigabe zur animalischen

Kost, da nur hierdurch das günstigste Verhältnis zwischen Eiweiß und stickstofffreien Nährstoffen hergestellt werden kann.

2. GENUSZMITTEL

Hierzu können die verschiedenen Obstsorten, die Gewürze, die Fleischbrühe, die alkoholischen Getränke, der Kaffee und der Tee gerechnet werden. Ihre Bedeutung besteht, wie erwähnt, darin, daß jedes derselben eine eigentümliche (spezifische Wirkung) auf die Nerven, zunächst die des Verdauungskanals, ausübt und dadurch die Verdauungsarbeit erleichtert und beschleunigt; einige derselben (z. B. alkoholische Getränke, Kaffee und Tee) äußern überdies noch eine ihrer Art nach [2] wohlbekannte Wirkung auf das zentrale Nervensystem und werden deshalb besonders geschätzt.

Die Gewürze (Kümmel, Pfeffer, Muskatnuß, Zimt, Nelken, Vanille, Ingwer, Senf, Zwiebeln, Knoblauch, Petersilie, Majoran, Thymian, Dill, Salbei, Lorbeer usw.) wirken besonders durch ihren Gehalt an ätherischem Öl, welches den Geschmack verbessert und den Appetit steigert. Im Magen erhöhen sie den Blutandrang und veranlassen eine lebhaftere Sekretion des Magensaftes; sie beschleunigen den Kreislauf und veranlassen einen rascheren Übergang der gelösten Nahrungsstoffe in das Blut. Bei zu reichlichem Genuß bringen sie aber leicht eine Überreizung hervor, deren Folgen für den Organismus nur von Nachteil sind.

Der Fleischextrakt und die Fleischbrühe (Bouillon) wirken besonders durch ihren Gehalt an Salzen und löslichen Extraktivstoffen (Kreatin, Kreatinin, Sarkin, Xanthin, Milchsäure usw.) reizend auf das Nervensy-

stem, jedoch bedeutend milder als die Gewürze. Da bei ihrer Bereitung sämtliche Eiweißkörper und auch das Fett des Fleisches abgeschieden werden, also nicht in die Lösung übergehen, so haben beide für sich als Nahrungs-
5 mittel keinen Wert, leisten aber als Zusatz zu Suppen und Gemüsen vortreffliche Dienste und sind durch ihre nervenanregende Wirkung nicht ohne diätetischen Wert, welcher allerdings vom Laienpublikum in der Regel ganz bedeutend überschätzt wird.

10 Kaffee und Tee werden besonders wegen ihrer aufregenden, das Ermüdungsgefühl beseitigenden Wirkung geschätzt, welche dem in beiden enthaltenen Kaffein (Thein) zuzuschreiben ist. Beim Kaffee kommen überdies noch ätherische und empyreumatische Produkte in Betracht,
15 welche durch das Rösten der Bohnen entstanden sind. Beide enthalten außerdem Gerbsäuren, deren Übergang in das Getränk indes verhütet werden muß, da sie den Geschmack verderben und die Wirkung nicht verbessern. Deshalb darf weder Kaffee noch Tee bei der Bereitung
20 gekocht werden, sondern nur kurze Zeit mit heißem Wasser in Berührung bleiben.

Die alkoholischen Getränke oder Spirituosen (Branntwein, Wein, Bier) wirken als Genußmittel hauptsächlich durch ihren Gehalt an Alkohol. Ihre allgemeine Verbrei-
25 tung haben die Spirituosen ihrer aufregenden, berauschenden Wirkung zu verdanken, welche mit einer Steigerung des Wärmegefühls, einer vorübergehenden Erhöhung des Kraftgefühls und der organischen Leistungsfähigkeit verbunden ist, aber bald einer um so größeren Erschlaffung
30 Platz macht. Fortgesetzter Alkoholgenuß führt zu bedeutenden Störungen der Verdauungsorgane, vermindert die Eßlust, wirkt verändernd auf die Zusammensetzung

wichtiger Organe, setzt die geistige Tätigkeit herab und untergräbt in dieser Weise die Gesundheit des Körpers völlig.

Das Kochsalz, die einzige Substanz aus dem Mineralreich, welche der menschlichen Nahrung zugesetzt wird, 5 kann man zwar insofern zu den Genußmitteln rechnen, als es, wie diese, an der Bildung der Körpersubstanz keinen direkten Anteil nimmt; allein zum Unterschied von den übrigen Genußmitteln ist es gleichwohl für die Ernährung unentbehrlich, weil es einen normalen Be- 10 standteil des Blutes bildet und jedenfalls dazu dient, die für die Verdauung nötige Salzsäure im Magensaft zu liefern.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 489.

XIII. Roheisen und schmiedbares Eisen

I. **Roheisen**. Der Hochofenprozeß liefert kein reines Eisen, sondern eine Legierung von Eisen und Kohlenstoff, 15 sog. Roheisen (abgesehen vom Gehalt an Mangan, Silicium, Phosphor und Schwefel). Enthält das Roheisen nur geringe Mengen Silicium, so scheiden sich beim schnellen Erkalten nur Spuren des chemisch gebundenen Kohlenstoffs als Graphit aus, man bekommt dann 20 1. weißes Roheisen mit blätterigen Bruchflächen. Eine Eisenmanganlegierung mit besonders großblätterigem Gefüge heißt Spiegeleisen. Treten dagegen neben dem Kohlenstoff größere Mengen Silicium (1–3 %) auf, so scheidet sich ein Teil des Kohlenstoffs beim langsamen 25 Übergang des flüssigen Roheisens in den festen Zustand in Form von Graphit innerhalb der ganzen Eisenmasse gleichmäßig aus; durch die ausgeschiedenen Graphit-

blättchen bekommt das Eisen auf den Bruchflächen graue Farbe, man nennt es deshalb

2. graues Roheisen. Der chemische Unterschied zwischen weißem und grauem Roheisen liegt also
5 darin, daß ersteres den Kohlenstoff fast ausschließlich chemisch gebunden enthält (4–5 %), letzteres wenig gebundenen Kohlenstoff, aber viel graphitisch ausgeschiedenen.

Das graue Roheisen bildet das eigentliche Material
10 unserer Gußwaren, daher auch Gußeisen genannt, während das weiße hauptsächlich zur Gewinnung des schmiedbaren Eisens verwendet wird.

Der Kohlenstoffgehalt (2,3–5 %) beeinflußt die Eigenschaften des Roheisens wesentlich, er erniedrigt die
15 Schmelztemperatur, welche beim reinen Eisen 1800–1900° beträgt, auf 1100–1200°, er macht ferner das Eisen spröde, so daß es Formveränderungen nicht erträgt, also nicht geschmiedet, sondern nur gegossen werden kann. Aus dieser Eigenschaft des Roheisens ergibt sich not-
20 wendig die weitere Bearbeitung desselben zu schmiedbarem Eisen. Der Kohlenstoff ist die Ursache der Sprödigkeit, also muß er entfernt werden. Sinkt der Gehalt an Kohlenstoff unter 2,3 %, so wird das Eisen schmiedbar; das meiste im Handel vorkommende schmiedbare Eisen
25 hat aber weniger als 0,5 %, sehr häufig noch weniger als 0,1 % Kohlenstoff.

II. **Schmiedbares Eisen.** Es enthält weniger als 2,3 % Kohlenstoff, in der Regel weniger als 1,5 %. Man unterscheidet zwei Arten von schmiedbarem Eisen:
30 1. Schweißeisen, welches durch den unten beschriebenen Puddelprozeß und durch Zusammenschweißen von Eisenstücken gewonnen wird. Es enthält

noch ziemlich viel Schlacken eingeschlossen.

2. Flußeisen, das durch einen Schmelzprozeß, wie wir noch sehen werden, hergestellt wird und schlackenfrei ist.

Falls diese beiden Eisensorten mehr als 0,6 % Kohlenstoff enthalten, können sie durch plötzliche Abkühlung, 5 durch Abschrecken, gehärtet werden, dann heißen sie Stahl, und zwar Schweißstahl oder Flußstahl, je nachdem, ob sie aus Schweißeisen oder aus Flußeisen erhalten worden sind. Enthalten Schweißeisen oder Flußeisen aber weniger als 0,6 % Kohlenstoff, so sind sie nicht härtbar; 10 sie heißen dann Schweiß(schmiede)eisen oder Fluß(schmiede)eisen. Während der Stahl sehr hart, zug- und druckfest, aber wenig zähe zu sein pflegt, ist das Schmiedeeisen weicher als Stahl, nicht härtbar, weniger fest aber zäher und dehnbarer als Stahl. Durch sog. Anlassen, 15 d. h. durch Erwärmen auf 400–600° kann man den Härtegrad des Stahls beliebig verändern, je nach dem Zwecke, dem er dienen soll.

Die Entfernung des Kohlenstoffs aus dem Roheisen und damit die Herstellung des schmiedbaren Eisens wird 20 erreicht, indem man das Roheisen wieder flüssig macht und dann den Kohlenstoff mit Hilfe des atmosphärischen Sauerstoffs verbrennt. Dieser Entkohlungsprozeß wird entweder auf offenen Herden (Frischprozeß) oder in Flammenöfen (Puddelprozeß) oder in birnförmigen Re- 25 torten, sog. Konvertern (Bessemerprozeß) [1] ausgeführt.

Das Puddeln (von *to puddle*, rühren) geschieht in Flammenöfen, deren Herdsohle mit einem an Eisenoxyd reichen Futter versehen ist. Das Eisenoxyd des von Zeit zu Zeit zu ersetzenden Herdfutters oxydiert ebenso 30 wie die sauerstoffreichen Flammen des Kohlenstoffs, das Silicium und der Phosphor. Das Eisen wird dabei mit

langen Eisenstangen beständig gerührt. Die Schlacken, d. h. die Verbrennungsprodukte der Beimischungen, vor allem Kieselsäure, werden nun durch Hämmern und Walzen möglichst entfernt. Meist zerschneidet man auch das Puddeleisen in Stäbe, die man in Pakete zusammenlegt und in einem Regenerativofen bis zur Schweißglut erhitzt, so daß die Schlacke schmilzt. Durch Hämmern und Walzen werden die einzelnen Stäbe wieder vereinigt und die Schlacke herausgepreßt. Dieser Prozeß wird oft mehrmals wiederholt, daher die Bezeichnung Schweißeisen. Soll Schweißstahl hergestellt werden, so muß man den Puddelprozeß früher abbrechen, ehe der Kohlenstoffgehalt unter 0,6 % gesunken ist.

Der Frisch- und der Puddelprozeß haben an Bedeutung für die Eisenindustrie immer mehr verloren; eine um so größere Rolle spielt heute der

Bessemerprozeß (so genannt nach seinem Erfinder, Henry Bessemer, 1855), einer der großartigsten hüttenmännischen Prozesse. Die Umwandlung des Roheisens in Stahl geschieht bei diesem Prozesse dadurch, daß ein rascher Luftstrom unter starker Pressung ($1\frac{1}{2}$–2 Atm.) durch geschmolzenes Roheisen geblasen wird (Frischprozeß), wobei der größte Teil des Kohlenstoffs und die obengenannten fremden Beimengungen in kurzer Zeit verbrannt werden. Durch die hierbei entwickelte Wärme steigt die Temperatur bis zu höchster Weißglühhitze, so daß selbst das nahezu entkohlte Eisen noch geschmolzen bleibt. Der hierzu dienende Apparat hat eine birnenförmige Gestalt (Bessemerbirne oder Konverter) und hängt, um zwei starke Achsen drehbar, freischwebend in der Luft. Er ist von solcher Größe, daß er durch 150, bzw. 200 Zentner geschmolzenes Eisen

ungefähr zur Hälfte gefüllt wird. Das Roheisen wird entweder direkt aus dem Hochofen genommen oder in einem neben dem Konverter errichteten Flammenofen, umgeschmolzen. Beim Eingießen wird der Konverter in eine schräge Lage gebracht. Nach dem Aufrichten be- 5 ginnt sogleich das Einblasen von Luft mittels einer starken, durch eine Dampfmaschine getriebenen Luftpumpe. Die gasförmigen Verbrennungsprodukte (Kohlendioxyd, Schwefeldioxyd usw.) und der Stickstoff reißen beträchtliche Mengen verbrennender, funkensprühender Eisen- 10 teilchen mit sich fort und bilden eine blendend leuchtende feurige Garbe, welche durch das Schutzdach entweicht. Wird der Prozeß bis zur völligen Entkohlung durchgeführt, so gewinnt man Schmiedeeisen, will man Stahl herstellen, so wird entweder nur so lange geblasen, daß nicht aller 15 Kohlenstoff verbrennt, oder man kohlt das gebildete Schmiedeeisen wieder durch Zusatz entsprechend großer Mengen Roheisen. Man kann so in der Bessemerbirne jede beliebige Art schmiedbaren Eisens darstellen. Nach beendetem Prozeß (etwa 20 Minuten für 10 t Eisen) 20 wird das flüssige Metall durch Umdrehen der Birne in die Gußpfanne, welche an einem hydraulischen Krahn hängt, und von dort in Formen gegossen.

Das Thomas[2]-Verfahren, 1878 von dem Engländer Thomas in die Technik eingeführt, ist nur 25 eine Abart des Bessemerprozesses, ermöglicht aber die Entfernung des Phosphors, der das Eisen brüchig macht, aus phosphorhaltigen Roheisensorten und ist deshalb gerade in Deutschland, dessen Eisenerze (Minette) vielfach phosphorhaltig sind, von großer Bedeutung. Während 30 beim Bessemerprozeß die Birne mit einem sauren Futter aus tonhaltigem Quarzsand ausgekleidet ist, wodurch

der Phosphor nicht zu entfernen ist, benutzt Thomas zu dieser Auskleidung ein basisches Material, meist gebrannten Dolomit, und setzt außerdem dem flüssigen Roheisen in der Birne noch gebrannten Kalk zu. Da-
5 durch erzielt er die Bildung einer stark basischen Schlacke, in welche der Phosphor übergeht. Diese sogenannte Thomasschlacke trennt sich beim Umkehren der Birne leicht vom Eisen; sie ist wegen ihres Phosphorgehaltes ein wertvolles Düngemittel.

10 Das Siemens[3]-Martin-Verfahren erzeugt ein schlackefreies schmiedbares Flußeisen durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen. Die Idee wurde schon 1865 von den Franzosen Gebr. Martin angegeben, ihre praktische Verwertung im Großen aber
15 erst durch die 1885 von Siemens eingeführte Regenerativfeuerung mit Generatorgas ermöglicht; denn erst dadurch gelang es, Temperaturen von etwa 2000°, wie sie zu diesem Schmelzprozesse nötig sind, zu erzeugen. Man schmilzt auf einem Herde Roheisen und taucht
20 Schmiedeeisenabfälle (alte Schienen usw.) ein, welche sich in dem Roheisen lösen. Je nach Mischung erzeugt man ein Eisen, dessen Kohlenstoffgehalt zwischen 0,1–1,5 % schwankt. Das Siemens-Martin-Eisen zeichnet sich durch große Gleichmäßigkeit und Festigkeit aus; es liefert des-
25 halb das Material für Brückenbauten, Schiffsschrauben, Zahnräder usw.

Zementstahl wird hergestellt, indem man Schmiedeeisen, in Kohlenpulver gebettet, anhaltend glüht; dabei nimmt es wieder Kohlenstoff auf und erlangt die Eigen-
30 schaft des Stahls. Dieser Stahl ist aber stets ungleichmäßig, er muß deshalb unter dem Hammer oder der Walze zu einer gleichmäßigen Masse durchgearbeitet oder

im Tiegel umgeschmolzen werden. In letzterem Falle bekommt man den besonders wertvollen Tiegelstahl, der zu feinen Instrumenten Verwendung findet.

Gußstahl ist Frisch- oder Puddelstahl, der nachträglich nochmals in Graphit-Tontiegeln auf dem Herd eines 5 Regenerativofens umgeschmolzen wird; er wird z. B. in den Kruppschen[4] Werken in Essen hergestellt und verarbeitet. (Kanonen, Glocken usw.)

In neuester Zeit haben Legierungen des schmiedbaren Eisens mit anderen Metallen große technische Bedeutung 10 gewonnen: Nickel-, Chrom-, Mangan-, Wolfram-, Aluminiumstahl.

Deutschland produziert gegenwärtig etwa 14 Millionen t Roheisen in fast 300 Hochöfen, von denen einer täglich zwischen 120 und 600 t liefert. Nur die Vereinigten 15 Staaten haben eine größere Roheisenproduktion, sie erzeugen etwa doppelt soviel wie Deutschland, während Großbritannien, das noch vor wenigen Jahren an der Spitze stand, nur noch etwa 11 Millionen t Roheisen jährlich herstellt. Der Wert der deutschen Roheisen- 20 produktion beträgt mehr als 1/2 Milliarde[5] Mark. Vom deutschen Roheisen werden etwa 70% zu Flußeisen, 22% zu Eisengußwaren, 8% zu Schweißeisen verarbeitet. Bis zur Fertigstellung dieser Produkte sind in den deutschen Hochöfen, den Eisengießereien, den Flußeisen- und 25 Schweißeisenwerken nahezu 400 000 Arbeiter beschäftigt.

Verallgemeinerung. Kupfer, Blei, Zink, Zinn werden ebenfalls durch Reduktion ihrer Erze mittels Kohle gewonnen; da aber die Erze dieser Metalle meist schwefelhaltig (Sulfide) sind, so müssen diese zuvor in 30 geeigneter Weise in Oxyde umgewandelt werden.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 106.

XIV. Kulturgeschichtliche Bedeutung der Reduktionsprozesse

Früher ist gezeigt worden, daß der mineralische oder anorganische Teil der starren Erdrinde bis zu einer großen Tiefe hinab, überhaupt so weit wir sie kennen, seiner Hauptmasse nach aus Oxyden unedler (leichter und 5 schwerer) Metalle und des Siliciums besteht. Wir leben auf einem durchaus verbrannten Boden. Nur wenige Elemente kommen in der Natur im freien Zustande vor: außer Sauerstoff und Stickstoff und edlen Metallen nur spärliche Mengen einiger Metalloide und weniger unedler 10 Metalle. Die meisten Elemente würden uns deshalb in freiem Zustande unbekannt sein, und namentlich würde unsere Kenntnis von den Metallen, wenn sie sich auf die wenigen beschränken müßte, welche sich in der Natur im gediegenen Zustande vorfinden, eine äußerst unvoll- 15 kommene sein.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Zustand der anorganischen Natur seit der Bildung der starren Erdrinde ein dauernder war und auch in Zukunft ein dauernder bleiben wird. Denn im Mineralreich sind alle chemischen 20 Kräfte gebunden, und infolgedessen kann sich kein Oxyd von selbst reduzieren; was einmal verbrannt ist, bleibt verbrannt im Mineralreich. Nur durch Mitwirkung einer fremden Energie (Wärme, Licht, Elektrizität, stärkere Verwandtschaft) können, wie wir sahen, die Oxyde ihres 25 Sauerstoffs wieder beraubt und die Elemente in den freien Zustand zurückgeführt werden. Wir sahen ferner, daß die Verbrennungswärme der Kohle, verbunden mit der sehr starken Verwandtschaft des glühenden Kohlenstoffs zum Sauerstoff insbesondere imstande ist, eine solche

Wirkung auszuüben. Nun lagern zwar im Mineralreich ungeheure Kohlenmassen vergraben, umgeben von Oxyden. Trotzdem läßt sich leicht übersehen, daß sich die bestimmten Bedingungen, welche nötig sind, um Metalle, wie z. B. Eisen, mit Hilfe von Kohle in erheblichen Massen zu reduzieren (Hochofen!), in der leblosen Natur nicht von selbst realisieren können, und daß es nur unter Mitwirkung des Menschen, welcher in zielbewußter Weise diese Bedingungen schafft, möglich geworden ist, die Metalle aus ihren Erzen frei zu machen.

Hierin liegt die kulturgeschichtliche Bedeutung der Reduktionsprozesse. Denn die Metalle sind die wichtigsten Faktoren in der Kulturgeschichte des Menschengeschlechts. Erst nachdem er sie darzustellen und benutzen gelernt hat, ist der Mensch zur vollen Herrschaft über die besser bewehrte Tierwelt und über die Naturkräfte gelangt. Ohne sie würden wir zweifellos nicht über die Kulturstufe der Steinzeit hinausgekommen sein.

Oxydation und Reduktion in der organischen Natur. Auch in der Natur der Lebewesen ist der freie Sauerstoff der Atmosphäre fortwährend tätig, um die brennbare Substanz der organischen Wesen in Oxyde zu verwandeln (rasche und langsame Verbrennung von Pflanzen- und Tiersubstanz, Atmung, Vermoderung, Verwesung). Das Ende würde sein, daß alles, was brennbar ist, verbrennen und die organische Welt mit der Zeit ihrem Untergange entgegengeführt werden müßte, — wenn hier die Verhältnisse ebenso lägen, wie im Mineralreich.

Dem ist aber nicht so:

Im Gegenteil walten im Pflanzenreich Kräfte, welche der Oxydation entgegenarbeiten und das durch den

Sauerstoff Verbrannte immer wieder in brennbare Substanz verwandeln.

Einen näheren Einblick in diese Verhältnisse gewährt die Organische Chemie (s. deren dritten Abschnitt: 5 Physiologische Chemie), doch möge immer einiges hier vorausgenommen werden.

Alle Pflanzen und Pflanzenteile enthalten, wie wir gesehen haben, Kohlenstoff. Das organische Leben scheint also an diesen gebunden zu sein. Er allein aber bildet 10 den Körper der Pflanzen nicht, sondern bedarf zum Aufbau desselben noch drei anderer Elemente: Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Die Quelle des Kohlenstoffs ist für die Pflanze ausschließlich das atmosphärische Kohlendioxyd, welches sie durch feine Öffnungen ihrer Blatt- 15 organe (Spaltöffnungen) in sich aufnimmt und unter dem Einflusse von Licht (Sonne), Feuchtigkeit und Wärme in die zahllosen, mannigfaltigen und verschiedenartigen Substanzen, aus denen ihr Körper besteht, umwandelt. Da diese alle, ohne Ausnahme, ärmer an Sauerstoff sind als 20 das Kohlendioxyd, einige sogar gar keinen Sauerstoff enthalten, so muß sich die Pflanze des Überschusses entledigen, der nun durch dieselben Öffnungen, durch welche Kohlendioxyd eingesogen wurde, wieder ausgeschieden und der Atmosphäre zurückgegeben wird.

25 Diese Rückbildung brennbarer Substanz aus verbrannter ist also ein natürlicher Reduktionsprozeß, welcher der Oxydation[1] durch den freien Sauerstoff der Luft das Gleichgewicht hält und dadurch einen dauernden Fortbestand des organischen Lebens ermöglicht.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 110.

XV. Zuckerindustrie

Unter Kohlenhydraten versteht man eine Klasse von Körpern, deren chemische Gesamtformel eine zahlenmäßige Zusammensetzung hat, in der sie als aus Kohlenstoff und Wasser zusammengesetzt erscheinen, z. B. Rohrzucker, $C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$. Sie sind Erzeugnisse der Pflanzenwelt, wo sie aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser des Bodens unter dem Einflusse des Lichtes entstehen, indem sich dabei gleichzeitig Sauerstoff abspaltet. Man kann sie in drei Gruppen einteilen, deren erste die Zuckerarten bilden, während die zweite von der Stärke und die dritte von der Zellulose eingenommen wird.

Die Zuckerarten wiederum zerfallen im wesentlichen in die Monosaccharide, $C_6H_{12}O_6$, zu denen Traubenzucker und Fruchtzucker gehören, sowie die Bisaccharide, wozu Rohrzucker (Rübenzucker), Malzzucker (Maltose), sowie Milchzucker (Laktose) rechnen. Die Formel der letzteren ist $C_{12}H_{22}O_{11}$, also das Doppelte der vorigen, vermindert um ein Molekül Wasser. Eine weniger bedeutende Rolle spielen dann noch die Trisaccharide, von der Formel $C_{18}H_{32}O_{16}$. Die beiden letzteren Zuckergruppen zerfallen beim Behandeln mit verdünnten Säuren unter Aufnahme von Wasser in mehrere Moleküle der Monosaccharide. Dies ist das sogenannte Invertieren. Die Zersetzung der Zuckerarten durch Gärung unter Bildung von Alkohol und Kohlensäure wurde bereits bei der Industrie der Alkohole besprochen.

Die am längsten bekannte Zuckerart ist der Honig, ein Gemisch von Traubenzucker und Fruchtzucker. Später wurde man mit der Herstellung des Zuckers aus Zucker-

rohr bekannt, woraus er auch heutzutage noch in Ost- und Westindien in großem Maßstabe hergestellt wird. Hierbei wird das Rohr ausgepreßt und der Saft unter Zusatz von ein wenig Kalk eingedampft. Nach Erreichung einer 5 gewissen Stärke läßt man absitzen, zieht den Saft ab und vollendet das Eindampfen.

In den Ländern mit gemäßigter Temperatur wird der Zucker aus der Zuckerrübe gewonnen, die etwa 15% Rohrzucker enthält. Die Rüben werden zunächst ge-10 waschen, dann in kleine Schnitzel zerschnitten, sodann ausgelaugt. Zu letzterem Zweck dienen die sogenannten Diffuseure, stehende eiserne Zylinder von je 3000–5000 Liter Inhalt, deren 8–12 zu einer Reihe vereinigt zu sein pflegen.

15 Die Auslaugung wird durch Wärme beschleunigt, weshalb man die Übersteigrohre, die ein Gefäß mit dem anderen verbinden, mit Anwärmevorrichtungen versehen hat, in denen die Flüssigkeit allmählich bis auf 80° C. erwärmt wird; eine höhere Temperatur ist wegen der 20 sonst eintretenden Zersetzung des Zuckersaftes indessen nicht anwendbar. Die ausgelaugten Schnitzel enthalten nur 4–5% Trockenstoff und werden deshalb in Schnitzelpressen ausgepreßt, wobei sie etwa die Hälfte ihres Wassers verlieren. Sie werden als Futtermittel benutzt.

25 Der ausgelaugte Saft führt den Namen Diffusionssaft und wird mittelst Kalk gereinigt. Er wird mit 3% Kalk versetzt, wodurch von den vorhandenen Nichtzuckerstoffen etwa zwei Drittel ausgefällt[1] werden. Gleichzeitig wird der Zucker in eine leicht lösliche Kalkverbin-30 dung übergeführt und entgeht dadurch der Ausfällung. Um den Kalk wieder zu beseitigen, wird Kohlensäure eingeleitet, bis die Lösung nur noch ganz schwach alka-

lisch ist. Das Behandeln mit Kalk nennt man Scheidung und das Einleiten von Kohlensäure Saturation.

Von den entstandenen Schlammassen wird abfiltriert, sodann mit schwefliger Säure weiter gereinigt. Hierbei fällt noch eine weitere Menge Kalk als schwefligsaurer 5 Kalk aus, da die schweflige Säure auch noch einen Teil des an organische Säuren gebundenen Kalks niederschlägt, dem die Kohlensäure nichts anhaben kann.[2] Auch wirkt die schweflige Säure entfärbend auf die Lösung. Diese Behandlung heißt Nachsaturation. 10

Der gereinigte Dünnsaft wird nunmehr zur Gewinnung des Zuckers selbst zu sogenanntem Dicksaft eingedampft. Man filtriert dann nötigenfalls[3] noch einmal und dampft weiter auf sogenannte Füllmasse ein, welch letztere Behandlung Verkochen heißt. Das Einkochen der Zuk- 15 kersäfte geschieht allgemein in Vakuumapparaten mit mehrfacher Wirkung, welche Apparate gerade für die Zuckerfabrikation zuerst hergestellt und von da aus in die übrigen Industrien übergegangen sind. Sie werden jetzt namentlich auch bei der Herstellung der kaustischen 20 Soda angewandt.

Der schließlich erhaltene — auf Korn gekochte — Zuckersaft ist ein Kristallbrei vom Aussehen körnigen Honigs und heißt Füllmasse I. Diese wird durch Ausschleudern weiter gereinigt. Da sie hierfür an und für 25 sich[4] zu hart ist, so wird sie zunächst unter Zusatz von Sirup mittelst einer Brechmaische in den breiigen Zustand zurückgebracht. Die abgeschleuderten Kristalle sind als Rohzucker I oder Kornzucker unmittelbar verkäuflich und werden von den Raffinerien zur weiteren Reinigung 30 übernommen. Es ist nämlich nicht jede Zuckerfabrik auch auf das Raffinieren des Zuckers eingerichtet, sondern

letzteres wird nur von einer verhältnismäßig kleineren Anzahl von Fabriken ausgeführt.

Der Ablauf von dem Rohzucker I wird wiederum eingekocht, und zwar zunächst ohne daß sich Zuckerkristalle 5 aus ihm ausscheiden; er wird also blank gekocht, wie der Ausdruck lautet. Beim Abkühlen und Stehenlassen bilden sich aus ihm, der Füllmasse II, Zuckerkristalle, die beim Ausschleudern den Rohzucker II ergeben. Entsprechend kann man dann auch noch ein III. und 10 sogar auch IV. Produkt erhalten, welch letzteres herzustellen sich allerdings meist nicht mehr lohnt.

Zum Zwecke des Raffinierens wird der Rohzucker entweder mit gesättigter reiner Zuckerlösung in Zentrifugen ausgewaschen oder wieder aufgelöst, durch Knochenkohle 15 filtriert und wiederum zur Kristallisation eingedampft. Der schließlich erzielte beste Reinzucker enthält 99,9% Rohzucker.

Die bei der Herstellung des Rohzuckers sich ergebenden zähflüssigen Mutterlaugen heißen Sirupe; namentlich 20 heißt der vom I. Produkt Grünsirup. Die vom letzten Produkt abfallenden unreinen, nicht mehr kristallisationsfähigen Sirupe heißen Melasse und sind eine dicke, schwarzbraune, mehr oder weniger alkalische Flüssigkeit von etwa der Hälfte ihres Gewichtes Zucker. Die Me-25 lasse wird entweder entzuckert oder zur Spiritusbereitung verwendet, oder auch unmittelbar als Viehfutter benutzt.

Die Entzuckerung der Melasse geschieht hauptsächlich nach dem sogenannten Strontianverfahren. Strontian bildet mit Rohrzucker ein in heißer Strontianlösung fast 30 unlösliches Saccharat, $C_{12}H_{22}O_{11}.2SrO$,[5] das durch kaltes Wasser langsam zersetzt wird, indem eine an Strontian ärmere Zuckerverbindung, $C_{12}H_{22}O_{11}.SrO$, in Lösung

geht. 100 Teile Melasse werden mit etwa 12 Teilen kristallisierten Strontianhydrats vermischt und mit Wasser verdünnt. Man kocht mittelst Dampf, bis sich Saccharat abgeschieden hat, saugt in Filtern die Lauge mit den darin enthaltenen Nichtzuckerstoffen ab und 5 wäscht mehreremale mit heißer Strontianlösung aus. Das abfiltrierte Saccharat wird mit kaltem Wasser in eine strontianhaltige Zuckerlösung und in Kristalle von zuckerfreiem Strontian zerlegt. Es wird nun wieder abfiltriert und aus der Lösung der Strontian mit Kohlen- 10 säure ausgefällt.

Die die Nichtzuckerstoffe enthaltende Lösung wird zunächst von dem Strontian befreit, der zum Teil auskristallisiert, zum Teil mit Kohlensäure ausgefällt wird. Er gelangt alsdann in den Kreislauf der Fabrikation 15 zurück.

Die übrigbleibende, zuckerfreie und strontianfreie Lauge heißt Schlempe; sie wird eingedampft, getrocknet und schließlich verkohlt. Die Schlempekohle wird dann zur Gewinnung des in ihr enthaltenen Kalis auf 20 Pottasche weiter verarbeitet.

GUSTAV RAUTER: *Allgemeine chemische Technologie*, Seite 116; Band 113, Sammlung Göschen.

XVI. Zündmittel, Schiesspulver und Explosivstoffe

Von Zündmitteln kommen in erster Linie die Zündhölzer in Betracht, nämlich Phosphorzündhölzer und schwedische oder Sicherheitszündhölzer. Zur Herstellung der ersteren werden kleine Holzstäbe zunächst in 25 geschmolzenen Schwefel oder in Paraffin eingetaucht, sodann am Kopf mit einer Zündmasse versehen, die aus

etwa ein Zwanzigstel Phosphor, der Hälfte Bleisuperoxyd, Salpeter, Mennige, Braunstein oder dergleichen besteht, während der Rest wesentlich Dextrin oder ein sonstiges Bindemittel ist. Beim Reiben entzündet sich der Phos-
5 phor, setzt dann den Kopf, die Schwefelschicht und schließlich das Holz in Brand.

Die Giftigkeit und Gefährlichkeit des Phosphors gab Veranlassung zur Erfindung der zuerst in Schweden hergestellten Sicherheitszündhölzer, deren Zündmasse aus
10 chlorsaurem Kali, Schwefelantimon, Glaspulver und Dextrin besteht, und die sich nicht überall, sondern nur auf besonderen Reibflächen entzündet, welch letztere mit einer Mischung von rotem Phosphor, Schwefelantimon und Dextrin bestrichen sind.

15 Die in der Feuerwerkerei gebrauchten Zündsätze bestehen wesentlich aus Mehlpulver, das heißt aus mehlfeiner Schießpulvermischung. Dadurch, daß die Mischung nicht gekörnt ist, brennt sie viel langsamer ab als eigentliches Schießpulver und vermag keine Spreng-
20 wirkungen mehr auszuüben. Außerdem enthalten sie noch andere Zusätze, die teils die Brennbarkeit noch weiter vermindern, teils auch der Flamme eine besondere Färbung geben sollen, wie z. B. Strontiumverbindungen, die rot, oder Baryumverbindungen, die grün färben, usw.

25 Am längsten von allen hier zu behandelnden Körpern ist das Schießpulver bekannt, auch Schwarzpulver genannt, das viele hundert Jahre hindurch allein für Schieß- und Sprengzwecke dienen mußte.

Es besteht aus einer Mischung von Kalisalpeter, Kohle
30 und Schwefel. Das frühere deutsche Militärpulver enthielt 76% Kalisalpeter, 15% Kohle und 9% Schwefel. Während Salpeter und Schwefel chemisch rein sein müssen,

so nimmt man als Kohle Holzkohle, die außer Kohlenstoff noch Wasserstoff, Sauerstoff und eine gewisse Menge Asche enthält.

Die einzelnen Bestandteile werden in Kugelmühlen gemahlen und vorsichtig gemischt. Das hierbei zunächst 5 entstehende Mehlpulver wird in der Feuerwerkerei zu Zündschnüren und dergleichen verwendet. Für die Pulverdarstellung wird es weiter gemahlen und zwischen Platten gepreßt, sodann gekörnt, gesiebt, getrocknet und in sich drehenden Trommeln mit etwas Graphit poliert. 10

Die Verbrennung des Pulvers geschieht unter starker Rauchentwickelung, was daher rührt, daß hierbei neben 43% Gasen noch 57% feste Verbrennungsrückstände entstehen.

Um diese Rauchbildung zu vermeiden und zugleich 15 eine stärkere Kraftentwickelung erzielen zu können, ist man daher in letzten Jahrzehnten ziemlich allgemein zur Einführung des rauchlosen Pulvers übergegangen, das aus den gleich zu besprechenden Nitrosprengstoffen durch geeignete Behandlung hergestellt wird. 20

Was diese anbetrifft,[1] so zeichnen sich viele Nitroverbindungen und Salpetersäureester aus dem Gebiete der organischen Chemie durch leichte Zersetzbarkeit aus, so daß eine Reihe von ihnen als Sprengstoff hat[2] Verwendung finden können. 25

Der erste Vertreter dieser Klasse von chemischen Körpern war das Nitroglyzerin, eigentlich Salpetersäureglyzerinester, $C_3H_5(ONO_2)_3$. Dieses wird hergestellt durch die Einwirkung von einem Gemische konzentrierter Salpetersäure mit konzentrierter Schwefelsäure auf wasser- 30 freies Glyzerin. Während hierbei die Salpetersäure sich mit dem Glyzerin verbindet, so hat die Schwefelsäure den

Zweck, das dabei gleichzeitig freiwerdende Wasser zu binden, sowie ferner das in der Salpetersäure allein lösliche Glyzerin auszufällen. Das Nitroglyzerin ist eine Flüssigkeit und hat stark giftige Eigenschaften. Wegen seiner Gefährlichkeit und der Unbequemlichkeit seiner Handhabung wird es als solches kaum mehr angewendet. Dagegen findet es eine große Verwendung namentlich in Form von Dynamit. Tränkt man Kieselgur mit Nitroglyzerin, so entsteht eine etwa 25% Kieselgur enthaltende, leicht formbare Masse, die sehr bequem zu handhaben ist, der Dynamit.

Der Zusatz von Kieselgur ist natürlich hierbei nur ein Ballast, da er selber nicht explosiv ist. Statt seiner[3] kann man auch andere Stoffe verwenden, die an der chemischen Umsetzung der Explosion teilnehmen. Derartige Mischungen sind z. B. Karbonit, Lithofrakteur und namentlich Sprenggelatine, welch letztere etwa aus sieben Achtel Nitroglyzerin und einem Achtel Kollodiumwolle besteht.

Diese letztere ist nahe mit der Schießbaumwolle verwandt. Zu deren Herstellung wird Zellulose, als die hier reine Baumwolle in Betracht kommt, durch ein Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure, ähnlich wie es mit dem Glyzerin der Fall ist, in die Salpetersäureverbindung verwandelt. Gegenüber dem Nitroglyzerin ist jedoch die Nitrozellulose kein einheitlicher chemischer Körper, sondern besteht aus einem Gemische verschiedener stark nitrierter Nitrozellulosen. Nach dem Nitrieren wird die Schießbaumwolle ausgeschleudert und gut gewaschen, dann in einem, dem Holländer der Papierfabriken entsprechenden Apparat zerkleinert, nochmals gewaschen und schließlich getrocknet.

Ähnlich der Schießbaumwolle, jedoch mit einem geringeren Gehalte an Salpetersäure, ist die Kollodiumwolle. Sie ist nicht explosiv und sehr leicht in einem Gemische von Alkohol und Äther löslich. Die ätherische Lösung, Kollodium genannt, hinterläßt beim Eintrocknen die Kollodium- 5 wolle als durchsichtiges Häutchen und fand namentlich früher in der Medizin sowie in der Photographie verbreitete Anwendung. Heute dient sie insbesondere, wie bereits erwähnt, im Gemisch mit Nitroglyzerin zur Herstellung von Sprengstoffen sowie für rauchloses Schießpulver. 10

Auch das Zelluloid muß hier angeführt werden, obschon es kein Sprengstoff ist. Es wird aus Kollodiumwolle in Gemisch mit Kampfer und unter Zusatz von verschiedenen anderen Körpern hergestellt und ist in der Industrie zu vielen Zwecken sehr beliebt. Sein Hauptfehler ist seine 15 sehr leichte Entzündlichkeit.

Die Kollodiumwolle dient ferner noch zur Herstellung künstlicher Seide, worüber in dem Abschnitt Textilindustrie bereits einige Mitteilungen gemacht sind.

Was die Herstellung des rauchlosen Schießpulvers an- 20 betrifft,[4] so wird dieses aus Schießbaumwolle und Kollodiumwolle hergestellt, indem man ein Gemisch davon mit einer Mischung von Alkohol und Äther in geschlossenen Gefäßen knetet und dadurch in eine formbare Masse verwandelt. Diese wird dann zu dünnen Platten 25 ausgewalzt und in kleine Plättchen oder Stengelchen zerschnitten. Auch erhält das Pulver manchmal noch einen Zusatz von Kampfer.

Ein anderer Grundstoff für Sprengstoffe ist die Pikrinsäure, Trinitrophenol, $C_6H_2(NO_2)_3OH$. Diese ist im 30 Gegensatz zu der Nitrozellulose eine wirkliche Nitroverbindung und wird durch Nitrieren von Karbolsäure,

C_6H_5OH, hergestellt. Sie selbst ist allerdings nur schwierig zur Explosion zu bringen, weshalb man sie auch nicht zu den eigentlichen Sprengstoffen rechnet. Jedoch sind ihre Salze sehr stark explosiv. Sie bildet
5 den wesentlichen Bestandteil der Sprengstoffe Melinit, Lyddit und verschiedener anderer.

In Bergwerken zu verwendende Sprengstoffe werden vielfach als sogenannte Sicherheitssprengstoffe hergestellt. Das heißt, man gestaltet deren Zusammensetzung so,
10 daß die Verbrennungstemperatur möglichst niedrig und die Explosionsdauer möglichst kurz ist, um dadurch eine Entzündung der in den Bergwerken enthaltenen Gase zu vermeiden.

Ferner gehört zu den Sprengstoffen noch das in seiner
15 chemischen Zusammensetzung von den vorigen stark abweichende Knallquecksilber. Es ist von äußerst kräftiger Wirkung und sehr gefährlich, so daß es nicht als eigentlicher Sprengstoff, sondern nur zum Füllen von Zündhütchen angewendet wird. Es wird durch Eingeben von Alkohol
20 in eine Lösung von Quecksilber in viel Salpetersäure hergestellt und besitzt die Zusammensetzung $HgC_2N_2O_2$.

Die Sprengstoffe explodieren meistens nur durch Schlag oder durch elektrische Zündung oder durch Einwirkung eines anderen explodierenden Körpers, der als Zünder
25 dient und als der für gewöhnlich Knallquecksilber benutzt wird. Werden sie angezündet, so brennen viele Sprengstoffe nur mehr oder weniger heftig ab, ohne zu explodieren, im Gegensatz zum gewöhnlichen Schießpulver, das nicht durch Stoß, wohl aber durch Anzünden zur
30 Explosion gebracht wird.

GUSTAV RAUTER: *Allgemeine chemische Technologie*, Seite 129; Band 113, Sammlung Göschen.

XVII. Zellulose und Papierfabrikation

Die dritte Gruppe der Kohlenhydrate bildet die Zellulose, die sich in der Natur am reinsten in der Baumwollfaser findet. Sie bildet neben Holzsubstanz auch den wesentlichen Bestandteil der Hölzer.

Das Papier besteht aus miteinander verfilzten Zellu- 5 losefasern, ist aber ganz allgemein noch mit verschiedenen anderen Stoffen versetzt. Vollkommen reine Zellulose ist nur das zu chemischen Zwecken dienende Filtrierpapier. Soll das Papier zu Schreibzwecken dienen, so werden seine Poren durch Leimung oder mit Mineralstoffen gefüllt. 10 Das Leimen geschieht entweder mit tierischem Leim, dem gewöhnlichen, aus Knochen gewonnenen Leim, oder mit sogenanntem vegetabilischem Leim, der aus Kolophonium hergestellt ist. Die sogenannten Füllstoffe bestehen aus Schwerspat, Gips, Kaolin und anderen Mineralstoffen. 15

Der älteste und beste Rohstoff für das Papier ist das Leinen; das aus leinenen Lumpen gewonnene Papier ist bei weitem am haltbarsten, namentlich auch, wenn es nicht mit zu viel mineralischen Bestandteilen gefüllt ist.

Die für die Papierfabrikation verwendeten Lumpen 20 werden in kugelförmigen Kochern unter Druck mit Kalk erhitzt, um die Fette zu verseifen und die Verunreinigungen zu lösen. Hierauf wird die Masse in sogenannten Holländern zerfasert und gewaschen, schließlich mit Chlorkalklösung oder auf elektrolytischem Wege[1] ge- 25 bleicht. Der Holländer dient auch dazu, den Leim und die Füllstoffe, wie auch nötigenfalls die Farbstoffe dem Papier zuzumischen. Der Papierbrei fließt darauf über ein Sieb, das sich in rüttelnder Bewegung befindet und durch das ein großer Teil des Wassers bereits abfließt. 30

Hierauf wird zwischen Walzen und geheizten Zylindern der Rest des Wassers ausgepreßt und verdunstet. Feinere Papiere werden mit Handsieben geschöpft und heißen Büttenpapiere. Bei ihnen wird also jeder Bogen einzeln 5 hergestellt. Das Kennzeichen der Büttenpapiere ist wesentlich das Wasserzeichen, das sich aus dem Schöpfsieb auf dem Papier abbildet.

Seitdem in der neueren Zeit der Bedarf an Papier so sehr gestiegen war, daß die Lumpen nicht hinreichten, um 10 ihn zu decken, so begann man sich auch des Holzes als Rohstoff für seine Herstellung zu bedienen. Hierzu werden Fichtenholzscheite in kleine Stücke zerschnitten und in Kochern mit einer Lösung von saurem Kalziumsulfit (Bisulfit) längere Zeit unter Druck erhitzt, bis die soge-15 nannte Ligninsubstanz gelöst und die eigentliche Zellulose in Freiheit gesetzt ist. Die hierbei entstehenden Lösungen von ligninsulfosaurem Kalk haben leider bis jetzt noch keine nutzbringende Verwendung gefunden und bilden bei ihrer großen Menge eine Quelle für viele 20 Beschwerden der Fabriken sowohl wie der Umwohner.

Die den Kocher verlassende Zellstoffmasse wird alsdann gewaschen und gereinigt, unter Umständen[2] auch noch gebleicht. Ist sie fertig, so bildet sie eine feinfaserige, weiche Masse, deren einzelne Teilchen Ähnlichkeit mit 25 der Baumwollfaser haben, aber bedeutend kürzer sind. Sie bildet heute das Hauptmaterial für die Papierfabrikation. Schlechtere Papiersorten erhalten außerdem noch einen Zusatz von Holzschliff, das ist von ohne weitere chemische Behandlung zerkleinerter Holzmasse.

30 Auch Stroh dient zur Herstellung von Papier, wird aber nicht mit Sulfit, sondern mit Natronlauge aufgeschlossen.

Taucht man ungeleimtes Papier kurze Zeit in Schwefelsäure und wäscht diese dann aus, so erhält man das Pergamentpapier, das dem tierischen Pergament sehr ähnlich ist. Seine Fasern sind durch den Einfluß der Schwefelsäure stark gequollen. Ähnlich wie Schwefel- 5 säure wirkt auch Chlorzink. Das mit Chlorzink pergamentierte Papier dient zur Herstellung der sogenannten Vulkanfiber.

Anders ist die Herstellung des sogenannten Pergamentersatzes, der aus feingemahlenem Holzstoff dargestellt 10 wird, sowie des Zelluliths, einer aus noch feiner zerkleinertem Holzstoff gewonnenen hornartigen Masse.

GUSTAV RAUTER: *Allgemeine chemische Technologie*, Seite 126; Band 113, Sammlung Göschen.

XVIII. Herstellung der Seifen und Kerzen

Wenn tierische oder pflanzliche Fette mit ätzenden Alkalien erhitzt werden, so werden sie verseift, das heißt, sie werden in ihre Bestandteile, Glyzerin und Fettsäuren, 15 gespalten. Hierbei bilden sich einerseits fettsaure Alkalien, andererseits freies Glyzerin. Die gewöhnlichen Seifen zerfallen in harte Seifen oder Natronseifen und weiche Seifen oder Kaliseifen. Nur diese beiden Verbindungen sowie auch Ammoniakseifen sind im Wasser löslich, wäh- 20 rend die übrigen fettsauren Salze unlöslich sind. Außer den gewöhnlichen Seifen wird Tonerdeseife für die Tränkung wasserdichter Zeuge angewendet. Blei- und Manganseifen sind in den vorhin besprochenen Firnissen enthalten. Auch die in der Heilkunde verwendeten 25 Salben sind vielfach nichts anderes als Seifen.

Zur Herstellung der Seifen werden Fette der verschie-

densten Art genommen, namentlich Talg; auch Palmfett sowie für bessere Seifen Olivenöl werden viel angewendet.

Der Vorgang der Seifenherstellung heißt das Sieden. Hierzu dient ein Eisenblechkessel, in dem zunächst das
5 Fett eingeschmolzen wird. Die Alkalilauge wird dann nach und nach zugegeben. Wenn das Sieden fertig ist, was einen Zeitraum von ein bis zwei Tagen erfordert, so wird die Seifenlösung — Seifenleim genannt — einigermaßen eingedampft. Alsdann wird Kochsalz zugesetzt,
10 um die Seife auszusalzen, d. h. auszufällen. Denn da die Seife in Kochsalzlösung nicht löslich ist, so scheidet sie sich auf Kochsalzzusatz aus, während das Glyzerin in Lösung bleibt. Statt der Fette kann man auch unmittelbar die freien Fettsäuren benutzen. Diese heißen dann
15 gespaltene, oder wenn sie fast ganz frei von Glyzerin sind, hoch gespaltene Fette.

Hierauf wird die Seife nach Ablassen der Mutterlauge, der sogenannten Unterlauge, mit verdünnter Salzlösung gesotten, wobei die Seife bis etwa zu 10 oder 15% Wasser
20 aufnimmt. Der hierbei stattfindende Übergang der Seife aus dem schaumigen in einen festeren Zustand heißt Klarsieden oder Sieden auf Kern; die Einverleibung von Wasser heißt Schleifen. Entsprechend heißt die so erhaltene Seife mehr oder weniger stark geschliffene Kern-
25 seife. Die Seife wird dann in Formen ausgeschöpft, worin sie erstarrt. Schließlich wird sie mittelst Stahldrähten zerschnitten.

Bei der Herstellung der Kaliseifen verwendet man billigere Ölsorten oder Trane und unterläßt das Aus-
30 salzen. Die Seife wird noch warm in Holzfässer gefüllt, worin sie zu der bekannten schmierigen Masse eindickt.

Billigere Seifen werden unter Zusatz von Fichtenharz

hergestellt und heißen Harzkernseifen. Noch andere Zusätze, die indessen schon als Verfälschungen zu betrachten sind, sind in den sogenannten gefüllten Seifen enthalten, namentlich Wasserglas, Soda, Borax, Pottasche, Talk. Insbesondere pflegt Seifenpulver verhältnismäßig 5 viel Soda zu enthalten.

Auch ein sehr stark gesteigerter Wassergehalt muß zur Verfälschung der Seifen dienen. Dieser wird namentlich bei der Herstellung der sogenannten Leimseifen erzielt. Diese sind erstarrter, von der Unterlauge nicht 10 durch Aussalzen getrennter Seifenleim[1] und enthalten demnach noch das ganze Wasser, das Glyzerin und alle sonstigen Bestandteile der Unterlauge. Sie werden mittelst Kokosfettes und Palmkernfettes gewonnen, die die Eigenschaft haben, daß der mit ihnen hergestellte Seifen- 15 leim ohne weiteres hart wird. Manche derartigen Seifen enthalten das Vierfache von Wasser und anderen Zusätzen gegenüber wirklicher Seife.

Besonders sorgfältig hergestellte Seifen sind dagegen die besseren Toiletteseifen, die aus reinen Grundstoffen 20 erzeugt, mittelst Beimischung von ätherischen Ölen wohlriechend gemacht und schließlich durch Maschinen in Formen fertig gepreßt sind. Schlechtere Toiletteseifen sind mit Nitrobenzol — statt Bittermandelöl — versetzte gefüllte Seifen. 25

Zu Beleuchtungszwecken wurden früher verschiedene Fettarten ohne weiteres benutzt, als die namentlich Bienenwachs, Talg und Walrat in Betracht kamen. Gegenwärtig stellt man Kerzen meistens aus den durch Verseifung der Fette erhaltenen Fettsäuren dar. Zu 30 dieser Verseifung werden sie indessen nicht mit Alkalien versotten, sondern mit Kalkmilch oder Schwefelsäure

unter mehreren Atmosphären Druck erhitzt. Hierbei zerfallen sie in freie Fettsäuren, die unter dem Namen Stearin zusammengefaßt werden, und in eine wässerige, das Glyzerin enthaltende Flüssigkeit. Sodann werden
5 die rohen Fettsäuren durch Destillation mit Dampf gereinigt, worauf man das Destillat zum Kristallisieren stehen läßt. Schließlich wird das Stearin dann nochmals kalt ausgepreßt, um das bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Olein von ihm zu trennen, das zur Seifenherstel-
10 lung verwendet wird.

Außer Stearin dient namentlich auch Paraffin — jedes von beiden meist unter Zusatz des anderen — zum Herstellen von Kerzen. Auch Zeresin und Wachs werden in großen Mengen hierzu verarbeitet; letzteres namentlich
15 für kirchliche Zwecke.

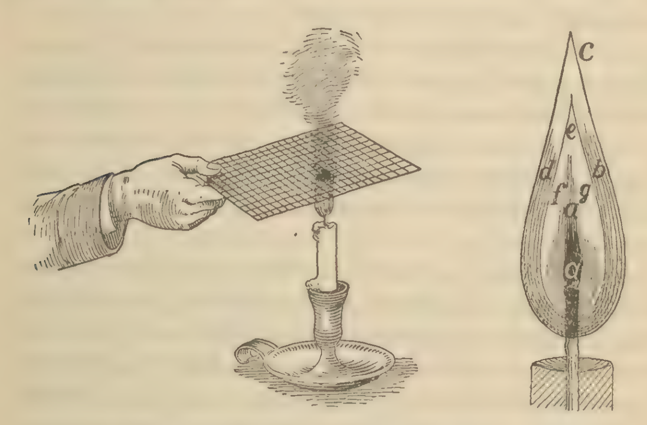
Das bei der Seifen- und Kerzenherstellung abfallende Glyzerin wird als süßender, verdickender oder das Gefrieren erschwerender Zusatz zu vielen Mischungen, auch als schwer frierende Flüssigkeit allein verwendet. Ins-
20 besondere dient es aber zur Herstellung des Nitroglyzerins, von dem bei Besprechung der Sprengstoffe noch die Rede sein wird.

Gustav Rauter: *Allgemeine chemische Technologie*, Seite 105; Band 113, Sammlung Göschen.

XIX. Beleuchtung und Heizung

Die Oxydationsprozesse sind stets von Wärmeentwicklung begleitet, wenn auch [1] in gewissen Fällen (z. B. bei
25 mancher langsamen Verbrennung) eine Temperaturerhöhung direkt nicht wahrnehmbar ist. Lichtentwicklung dagegen tritt (wenn wir von der langsamen Verbrennung des Phosphors absehen) nur bei der raschen Verbrennung

ein, da nur hier der Oxydationsprozeß so lebhaft vonstatten geht, daß die verbrennenden Körper dadurch zum Glühen gelangen.



Kerzenflamme. Durchschnitt der Kerzenflamme.

1. BELEUCHTUNG

Die Intensität der Lichtentwicklung hängt 1. von dem Aggregatzustand, 2. von der Dichte der glühenden Körper, 3. von der Temperatur ab. Gasförmige Körper verbreiten im allgemeinen weniger Licht als glühende feste und flüssige Körper; nur sehr dichte Gase geben eine eigentlich leuchtende Flamme. Reines Wasserstoffgas, Sumpfgas, Kohlenoxyd und ähnliche verbrennen nur mit bläulicher, wenig leuchtender Flamme. Was die Temperatur anbelangt,[2] so läßt sich bei festen Körpern zwischen 400 und 600° bei Tag noch kein Licht wahrnehmen; im Dunkeln aber bemerkt man ein schwaches Glühen (Dunkelrotglut, Kirschrotglut); darauf folgt zwischen 600 und 1000° Hellrotglut, dann zwischen 1000

und 2000° Weißglut. Temperaturen, die höher liegen als 2600°, scheinen die Lichtentwicklung wieder zu vermindern. Gase werden selbst[3] bei Temperaturen von 1500–2000° noch nicht leuchtend.

5 Zur Beleuchtung bedient man sich gewisser Öle und Fette aus dem Pflanzen- und Tierreiche oder der flüssigen, fossilen Kohlenwasserstoffe (Petroleum), oder endlich der festen, flüssigen und gasförmigen Destillationsprodukte von Steinkohlen, Braunkohlen, Holz, Harz, Torf usw. 10 (Paraffin, Solaröl, Leuchtgas). Alle diese Stoffe brennen mit Flamme.

Eine Flamme entsteht nur dann, wenn der verbrennende Körper entweder selbst gasförmig ist, oder bei der Verbrennungstemperatur Gasgestalt annimmt, oder 15 endlich bei eben dieser Temperatur sich in gasförmige Produkte zersetzt. Um über die Natur der Flamme Aufschluß zu erlangen, beobachte man die Flamme einer gewöhnlichen Kerze. Man erkennt drei verschiedene Bestandteile: zuerst einen blauen, wenig leuchtenden 20 Teil, *a*, darüber einen leuchtenden kegelförmigen Teil, *e f g*, und dann um das Ganze eine fast gar nicht leuchtende, in der Entfernung kaum sichtbare Hülle, *b c d*. Die beiden letzteren Teile endigen oben in einer Spitze.

Wie das Innere der Flamme beschaffen ist, läßt sich 25 zeigen, wenn man mit einem feinen Drahtnetz die Flamme in einer gewissen Höhe oberhalb des Dochtes durchschneidet (Fig. 2). Letztere brennt dann nur unterhalb des Drahtnetzes, während oberhalb desselben die Gase wie nach dem Ausblasen des Lichtes aufsteigen. Das Innere 30 der Flamme erscheint als dunkler Kern, umgeben von einem leuchtenden Ring, welcher dem leuchtenden Kegel (*e f g*, Fig. 2) entspricht, und außerhalb des Ringes sieht

man das Drahtnetz glühen. Das Innere der Flamme ist also nichtleuchtend; es besteht aus schweren dichten Gasen (Kohlenwasserstoffen), welche noch nicht zum Glühen gelangt, aber schon so weit erhitzt sind, daß sie in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft brennen. 5 Diese Berührung erfolgt, sobald die Gase durch Aufsteigen dem äußeren Mantel der Flamme, der von Luft bis zu einer gewissen Tiefe durchdrungen wird, näher kommen. Werden diese Gase aber abgekühlt, ehe sie sich mit Sauerstoff verbinden können, so entweichen sie un- 10 verbrannt in Gestalt eines dunklen Rauches. Dasselbe findet statt, wenn der Sauerstoffzutritt zur vollständigen Verbrennung aller in der Flamme enthaltenen Gase nicht ausreicht. Auch in diesem Falle rußt die Flamme, und ihr Licht erscheint dunkelrot und wenig hell. Bei Ver- 15 mehrung des Sauerstoffzutritts steigt die Lichtintensität bis zu einem gewissen Grade, dann aber, wenn die Sauerstoffzufuhr noch weiter steigt, nimmt die Flamme wieder an Leuchtkraft ab und wird schließlich blau und wenig leuchtend. Daher ist die Luftzufuhr gehörig zu 20 regeln. Dies geschieht bei Kerzen dadurch, daß man dem Dochte eine der Kerzendicke und der Natur des Brennmaterials entsprechende Dicke gibt (zu dicke Dochte geben stets rußende Flammen), bei Lampen durch die Weite und Form des Zugglases, bei Gas durch Form 25 und Weite der Brennöffnung sowie durch Luftzuführung. Bei kohlenstoffreichen Brennmaterialien muß die äußere Fläche der Flamme im Verhältnis zu ihrem Volumen größer sein als bei kohlenstoffärmeren; daher brennen schwere, kohlenstoffreiche Öle mit dünnem und breitem 30 Dochte reiner; kohlenstoffreiche Gase müssen engere Schlitze in den Brennern haben, als kohlenstoffärmere.

Zu den kohlenstoffreicheren Brennmaterialien gehören Paraffin, Solaröl und Petroleum; zu den kohlenstoffärmeren Talg und fette Öle: Stearin steht etwa in der Mitte. Ob das Leuchtgas reicher oder ärmer an Kohlen-
5 stoff ist, hängt von seiner Bereitung und der Natur der Steinkohlen ab. Sogenannte fette Kohlen geben schwereres Gas als magere, und wenn man die Retorten in den Gasöfen schwach erhitzt, so entstehen schwerere Gase, als bei höherer Temperatur. Durch Einführung nicht zu
10 großer Mengen von reinem Sauerstoff in die Flamme des brennenden Körpers läßt sich die Intensität der Verbrennung und damit auch die Lichtentwicklung bis zu einem gewissen Grade steigern. Bläst man z. B. durch das Rohr einer gewöhnlichen Gebläselampe statt Luft
15 Sauerstoff, so kann man durch Regulierung des Stromes eine Flamme von außerordentlicher Lichtstärke erhalten. Bei dem kohlenstoffreichen Azetylen wird schon durch geeignete Luftzufuhr eine große Helligkeit erzielt. Wenn man umgekehrt zu viel Luft oder auch gewisse andere
20 Gase, z. B. Kohlendioxyd, mit dem Gase der Flamme mischt, so verliert diese ihre Leuchtkraft. Gasflammen werden auf diese Weise in dem bekannten Bunsenschen [4] Brenner vollständig entleuchtet. Derartig entleuchtetes Gas kann man ebenso wie andere nichtleuchtende Gase,
25 z. B. Wassergas, wieder zu Beleuchtungszwecken verwerten, entweder durch Karburieren oder dadurch, daß man in diesen Gasen gewisse Metalloxyde erhitzt, die intensiv leuchten. Die größte Bedeutung hat von diesen Beleuchtungsarten das Auersche [5] Gasglühlicht erlangt.

30 **Versuch.** Man tränke ein reines Tüllgewebe mit einer Lösung von 99 T. Thoriumnitrat und 1 T. Zernitrat, trockene dann und halte es in die nichtleuchtende Gas-

flamme. Das Gewebe verbrennt und das aus den Oxyden bestehende Aschenskelett zeigt das intensive Leuchten der Auerlampe. Die Nitrate sind beim Glühen in die Oxyde übergegangen.

Die Auerlampe bedeutet einen gewaltigen Fortschritt 5 in der Gasbeleuchtung, der in einer beträchtlichen Erhöhung der Lichtstärke bei vermindertem Gasverbrauch und bei geringerer Wärmeentwicklung besteht. Das hängende Gasglühlicht bringt eine weitere Ersparnis an Gas, weil die heißen Verbrennungsgase das Leuchtgas 10 vorwärmen.

Der Vollständigkeit wegen mögen auch die elektrischen Beleuchtungsarten hier kurz erwähnt werden. Die einfachste Art elektrischer Lampen sind die Glühlampen. Bei den gewöhnlichen Glühlampen wird ein in einer luft- 15 leeren Glasbirne eingeschlossener Kohlefaden durch einen hindurchgeführten Strom zum Glühen gebracht. Bei der Tantallampe haben wir an Stelle der Kohle einen dünnen Tantaldraht, in der Osmiumlampe einen Osmiumdraht und in der Osramlampe einen Draht aus einer Legierung 20 von Osmium und Wolfram. In der Nernstlampe [6] wird wieder ein Metalloxyd, nämlich ein MgO-Faden, durch den elektrischen Strom zum Glühen und Leuchten gebracht. Eine luftleere Birne ist nicht notwendig, doch ist die Lampe gegen Stoß empfindlich und der MgO-Faden 25 muß zuerst vorgewärmt werden, ehe er den Strom leitet; dies geschieht durch eine dünne Drahtspirale im Nebenschluß. Die kräftigsten künstlichen Lichtquellen sind die elektrischen Bogenlampen, bei denen die Helligkeit hauptsächlich von der positiven Kohle ausgeht, welche 30 durch den zwischen den beiden Kohleelektroden übergehenden Lichtbogen zur hellen Weißglut erhitzt wird.

Bei der Bremerlampe erzielt man dadurch, daß man den Kohlen Kalziumsalze zusetzt, bei gleichem Stromverbrauch eine viel größere Helligkeit. Die Farbe des Lichtes ist orangegelb.

5 Die folgende Tabelle nach Lummer [7] enthält die wichtigsten Beleuchtungsarten mit Angabe der Kosten für die Einheit der Lichtstärke, eine Hefnerkerze HK pro Stunde.

Beleuchtungsart	1 HK pro Stunde Verbrauch	Preis in Pfg.
1. Gasglühlicht	1,7 l	0,022
2. Bremerlicht	0,4–0,6 Watt	0,02–0,03
3. Petroleumglühlicht	1,3 g Petroleum	0,03
4. Petroleum	3,0 g "	0,07
5. Bogenlicht (mit Glocke)	1,4 Watt	0,07
6. Nernstlampe	2,0 "	0,10
7. Gaslicht (Rundbrenner)	10,0 l	0,13
8. Elektr. Kohlefaden-Glühlampe	2,8–4 Watt	0,14–0,20
9. Metallfadenlampe	0,8–1,8 Watt	0,04–0,09
10. Azetylen	1,0 l	0,15
11. Gaslicht (Schnittbrenner)	17,0 l	0,21

Diese Tabelle gibt nur Durchschnittspreise. Im einzelnen richten sich die Preise der verschiedenen Beleuch-
10 tungsarten außer nach der Intensität der Beleuchtung nach den Betriebs- und Anlagekosten, die örtlich sehr verschieden sein können.

2. HEIZUNG UND THERMOCHEMIE

Auch zur Entwicklung von Wärme behufs der Heizung bedient man sich fast ausschließlich kohlenstoffhaltiger
15 Brennmaterialien, indem man sie in geeigneten Apparaten (Öfen) der Oxydation unterwirft. Ein jeder Ofen muß so eingerichtet sein, daß diejenige Luft, welche zur vollständigen Verbrennung einer angemessenen Menge von

Brennmaterial notwendig ist, in der erforderlichen Zeit Zutritt erhalten kann. Andernfalls entwickelt sich Rauch, und die Verbrennung ist unvollkommen. Große freibrennende Feuer rauchen stets. Bei Öfen wird der Luftzutritt von unten her durch den Rost vermittelt und durch 5 die Esse, welche saugend wirkt (zieht), veranlaßt. Je höher und weiter und je wärmer die Esse, desto stärker der Zug. Zu weite Essen aber wirken nachteilig, weil in ihnen leicht eine Gegenströmung entsteht.

Da der Rauch nicht nur lästig ist, sondern auch einen 10 Verlust an Brennmaterial bewirkt, so strebt man nach der Einrichtung rauchfreier Feuerungen (Kettenroste, rotierende Roste, Treppen- und Pultroste, Doppelroste, Roste, welche gestatten, das Brennmaterial von unten nachzuschieben usw.). Doch haben alle Konstruktionen 15 bis jetzt das Problem noch nicht vollständig gelöst. Am geeignetsten ist die Feuerung mit Heizgasen (Luftgas, Wassergas, Mischgas), weil dabei kein Kohlenstoff als Ruß verloren geht. Sie findet daher in der Technik meist in Verbindung mit Wärmespeichern ausgedehnte 20 Anwendung.

Die Brennmaterialien unterscheiden sich sehr in bezug auf ihren Heizwert. Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Holzkohle, Koks sind ihrer Zusammensetzung nach höchst verschieden, wie folgende Tabelle zeigt: 25

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche
Holz	50 %	5 %	44 %	1 %
Torf	48	4	28	20
Braunkohle ..	60	5	25	10
Steinkohle ...	82	4	8	6
Holzkohle ...	93	3	3	1
Koks	90	2	2	6

Diese Zahlen gelten nur für vollkommen ausgetrocknete Materialien. In dem Zustande, in welchem sie zur Verbrennung verwendet werden, enthalten sie außerdem noch ein gewisses Quantum Wasser, welches 12 bis 20% und mehr betragen kann. Bei der Wertschätzung der Brennmaterialien auf Grund ihrer Zusammensetzung kommt vornehmlich ihr Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt in Betracht. Je höher dieser ist, desto höher ist im allgemeinen die Heizkraft. Je größer dagegen der in dem Brennmaterial enthaltene Sauerstoff, desto geringer die Heizkraft (s. unten). Die Asche ist stets von dem Gewichte des Brennmaterials in Abzug zu bringen. Nasse Materialien brennen erst, nachdem ihr Wasser verdampft ist, und hierdurch findet ein mitunter sehr beträchtlicher Wärmeverlust statt. Absichtliche Benetzung des Brennmaterials ist ein auf einem weitverbreiteten Vorurteil beruhender Mißbrauch.

Wenn man unter einer Kilogramm-Kalorie diejenige Wärmemenge versteht, welche nötig ist, um 1 kg Wasser 1° zu erwärmen, so gibt die folgende Tabelle die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche erzeugt wird bei der Verbrennung einer Reihe der gewöhnlichen (lufttrockenen) Brennmaterialien.

1 kg Holz entwickelt etwa	4000	Wärmeeinheiten.
1 " Torf	2500–3800	"
1 " heller leichter Torf	2900	"
1 " brauner und schwarzer Torf......	3300	"
1 " Braunkohle	3500–4000	"
1 " Steinkohle	6000	"
1 " Koks.........................	6000	"
1 " Holzkohle	7000	"

In der *Thermochemie* wird die Wärmetönung, die einen chemischen Prozeß begleitet, auf eine Gramm-

Molekel (1 Mol) der entstehenden Substanz bezogen und in kleinen sogen. Gramm-Kalorien (1 kal. = $\frac{1}{1000}$ einer Kilogramm-Kalorie) angegeben. Man schreibt die thermochemischen Gleichungen folgendermaßen:

$$H_2 + O = \underset{\text{(flüssig)}}{H_2O} + 67\,500 \text{ kal.},$$

d. h. bei der Verbrennung von 2 g H durch 16 g reinen O entstehen 18 g flüssiges Wasser und es werden 67 500 gr-Kalorien frei. Wesentlich ist immer die Angabe, in welchem Aggregatzustande sich der entstehende Körper befindet, weil bei der Überführung aus einem Zustand in einen anderen noch weitere Wärme abgegeben oder verbraucht wird. Hier mögen noch einige chemische Vorgänge mit ihren thermochemischen Gleichungen aufgeführt werden (n. Nernst).

$C + O_2 = CO_2$	$+\ 94\,300$	kal.	Diamant
$C + O = CO$	$+\ 26\,600$	"	"
$S + O_2 = SO_2$	$+\ 71\,080$	"	rhomb. Schwefel
$H + Cl = HCl$	$+\ 22\,000$	"	gasf. Chlor
$H + Br = HBr$	$+\ 8\,400$	"	flsg. Brom
$H + J = HJ$	$-\ 6\,100$	"	festes Jod
$N + O = NO$	$-\ 21\,000$	"	
$K + Cl = KCl$	$+\ 105\,600$	"	

Die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd ist nicht experimentell ermittelt worden. Sie ist in der folgenden Weise aus der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs zu Kohlendioxyd und aus der des Kohlenoxyds zu Kohlendioxyd berechnet worden. Nach dem *Gesetz von den konstanten Wärmesummen* (Hess 1840)[8] entsteht stets dieselbe Wärme-

menge, wenn ein chemischer Vorgang, von denselben Stoffen ausgehend, zu den gleichen Endprodukten führt, wobei es gleich ist, ob der Prozeß in einer Reaktion oder in mehreren abläuft. Bei der Verbrennung des Kohlen-
5 dioxyds aus Kohlenstoff und Sauerstoff erhält man 94 300 kal., bei der Verbrennung von Kohlenoxyd mit Sauerstoff 66 700 kal. Demnach muß die Verbrennungswärme des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd 94 300 – 66 700 = 27 600 kal. sein. Hess hat das Gesetz der konstanten Wärmesum-
10 men experimentell bestätigt, es ergibt sich aber auch als eine notwendige Folge des Gesetzes von der Erhaltung der Energie.

Aus dem Gesetz von der Erhaltung der Energie folgt auch, daß die bei einem chemischen Vorgang freiwer-
15 dende Energie genau so groß sein muß wie die Energie, die erforderlich wäre, um den Vorgang im umgekehrten Sinne verlaufen zu lassen.

RUDOLF ARENDT: *Grundzüge der Chemie*, 10. Aufl., Seite 351.

XX. Die Gase

DAS GESETZ VON BOYLE-MARIOTTE [1]

Die Gase sind für die allgemeine Chemie von ganz besonderer Bedeutung, da sie in hohem Grade zur Klärung
20 der Grundbegriffe beitragen und die zahlenmäßige Ermittlung wichtiger Größen ermöglichen. Die Gasgesetze beziehen sich sowohl auf die eigentlichen Gase als auch auf die Dämpfe; zwischen beiden besteht kein prinzipieller Unterschied, nur daß die letzteren schon bei
25 gewöhnlicher Temperatur bereitwilligst den gasförmigen Zustand aufgeben und den flüssigen oder festen Aggregatzustand aufsuchen.

Den Gasen wohnt das Bestreben inne, sich auszubreiten und auszudehnen, und daher üben sie auf die Wand des sie umschließenden Behälters einen bestimmten Druck aus. Dieser Druck ist pro Flächeneinheit, d. h. pro qcm Wandfläche, im ganzen Behälter überall derselbe; man 5 mißt ihn in Atmosphären oder durch die Höhe einer Quecksilbersäule, die ihm das Gleichgewicht hält. Hat der Behälter eine bewegliche Wand, besteht er etwa aus einem Zylinder 10 Z mit beweglichem, dicht schließendem Kolben K (Fig. 1), so kann man den Rauminhalt verringern, ohne daß Gasverluste eintreten. Das Gas ist nun auf ein kleineres Volumen 15 zusammengepreßt und übt jetzt einen größeren Druck aus als vorher. Diese Änderungen regeln sich nach dem Boyle-Mariotteschen Gesetz: Volumen und Druck sind bei konstanter Temperatur ein- 20 ander umgekehrt proportional.

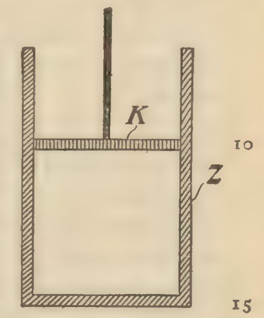


Fig. 1.

Bezeichnet man die anfänglichen Werte des Volumens und des Druckes mit v und p, die nachherigen mit v_1 und p_1, so gilt also:

$$p_1 : p = v : v_1. \quad 25$$

Erhält man bei einem weiteren Versuche die Werte v_2 und p_2, so muß in gleicher Weise gelten:

$$p_2 : p = v : v_2.$$

Durch Ausmultiplizieren dieser Proportionen ergibt sich:

$$pv = p_1 v_1 \quad 30$$

und $$pv = p_2v_2$$

oder zusammengezogen:

$$pv = p_1v_1 = p_2v_2.$$

Die Produkte aus zusammengehörigen Werten von
5 Druck und Volumen sind somit stets einander gleich, und das ist jedesmal der Fall, wenn noch so viele Versuche gemacht werden. Man kann daher aussprechen: Das Produkt aus Druck und Volumen einer Gasmasse hat bei konstanter Tempe-
10 ratur einen unveränderlichen Wert.

Das Boyle-Mariottesche Gesetz gilt sowohl für Volumverminderungen wie -vergrößerungen, wie an einem einfachen Beispiel näher erläutert sei: In der durch Fig. 1 skizzierten Versuchsanordnung betrage der Druck an-
15 fänglich 1 Atmosphäre und das Volumen 6 Liter. Steigt der Druck auf das Doppelte, so fällt das Volumen auf die Hälfte, also auf 3 Liter; steigt er auf 3 Atmosphären, so fällt das Volumen auf ein Drittel, also auf 2 l. Sinkt dagegen der Druck, so vergrößert sich das Volumen;
20 sinkt er auf eine halbe Atmosphäre, so verdoppelt sich das Volumen auf 12 l. Die einzelnen Produkte 1×6, 2×3, 3×2, und $\frac{1}{2} \times 12$ ergeben alle denselben Wert.

ERSTES GESETZ VON GAY-LUSSAC

Wird ein Gas erwärmt, so wächst der Druck, den es auf seinen Behälter ausübt. Hat letzterer wieder eine
25 bewegliche Wand (vgl. Fig. 1), so kann anstatt der Drucksteigerung eine Volumvergrößerung eintreten. Falls man dafür sorgt, daß bei dieser Ausdehnung des Gases der Druck derselbe wie vor dem Erwärmen bleibt, gilt ein

einfaches Gesetz, das gleichzeitig von Gay-Lussac [2] und Dalton (1802) entdeckt wurde: Alle Gase dehnen sich bei gleichen Temperaturänderungen um den gleichen Betrag aus. Die Ausdehnung macht für eine Temperaturerhöhung von 1° Celsius $\frac{1}{273}$ desjenigen Volumens aus, welches das Gas bei 0° einnimmt. Dieser Bruchteil wird als Ausdehnungskoeffizient bezeichnet und hat als Dezimalbruch den Wert 0,00367. Benennt man ihn α, so vergrößert sich also das Volumen v_0, welches ein Gas bei 0° hat, beim Erwärmen auf 1° um αv_0 und beim Erwärmen auf eine beliebige Temperatur t um $t\alpha v_0$. Das Gesamtvolumen v bei der Temperatur t beträgt somit $v_0 + t\alpha v_0$, d. h. es ist:

$$v = v_0(1 + \alpha t).$$

Ein Gas, das bei 0° einen Raum von 6 l einnimmt, hat also, falls der Druck sich nicht ändert, bei 100° ein Volumen von 6(1 + 0,367) oder 8,202 l. Bei 273° ist, da $1 + \alpha t$ gleich 2 wird, das Volumen gerade doppelt so groß als bei 0°.

Die Drucksteigerung, welche eintritt, wenn man beim Erwärmen die Volumvergrößerung verhindert, läßt sich leicht berechnen. Der Druck sei bei 0° gleich p_0 und bei der Temperatur t gleich p. Dann stelle man sich vor, das Gas werde zunächst unter konstantem Druck, also unter dem Druck p_0, auf die Temperatur t gebracht und dadurch von v_0 auf v ausgedehnt; hierauf werde es bei gleichbleibender Temperatur t wieder auf das ursprüngliche Volumen v_0 zusammengepreßt und somit auf diesem Umweg schließlich auf den Druck p gebracht, auf den es beim direkten Weg sofort kommt. Da beim Zusammen-

pressen sich die Temperatur nicht ändert, so ist darauf das Boyle-Mariottesche Gesetz anwendbar, und man hat:

$$pv_0 = p_0v.$$

Der Ersatz von v durch $v_0(1 + \alpha t)$ verwandelt diese
5 Gleichung in:

$$p = p_0(1 + \alpha t),$$

und man kann daher aussprechen: Bei konstantem Volumen wächst infolge Temperaturerhöhungen der Druck bei allen
10 Gasen im gleichen Verhältnis. Die Drucksteigerung beträgt pro 1° Celsius $\frac{1}{273}$ des bei 0° herrschenden Druckes. Bei 100° steigt demnach der Druck auf das 1,367fache und bei 273° auf das Doppelte.

In den meisten Fällen vollzieht sich die Erwärmung
15 eines Gases weder unter konstantem Druck noch bei konstantem Volumen; aber auch dann, wenn sich also beide Größen gleichzeitig ändern, läßt sich eine einfache Beziehung zur Temperatur ableiten. Druck und Volumen seien bei 0° gleich p_0 und v_0, bei t° gleich p und v.
20 Um das Gas von dem einen in den anderen Zustand überzuführen, kann man so arbeiten, daß man es zunächst unter dem konstanten Druck p_0 auf t° erwärmt und dabei von v_0 zu einem Volumen v′ ausdehnt, welches sich aus der Gleichung:

25 $$v' = v_0(1 + \alpha t)$$

ergibt. Dann preßt man das Gas vom Volumen v′ bei gleichbleibender Temperatur auf v zusammen und bringt es dadurch gerade auf den Druck p. Hierfür gilt die Gleichung:

30 $$pv = p_0v',$$

aus welcher mit Hilfe der vorangehenden die folgende wird:

$$pv = p_0v_0(1 + \alpha t).$$

Dies ist die allgemeinste Form der Beziehung zwischen Druck, Volumen und Temperatur eines Gases. Sie ist 5 bei Temperaturen sowohl oberhalb wie unterhalb von 0° gültig.

Da das Volumen demnach von dem Druck und der Temperatur stark abhängt, darf man aus demselben nicht ohne weiteres auf die Menge des Gases schließen. 10 Von zwei gleich großen Mengen ein und desselben Gases, von Mengen, die also gleiches Gewicht besitzen, nimmt die wärmere und unter niedrigerem Druck befindliche stets einen größeren Raum ein als die andere. Sorgt man aber dafür, daß bei beiden Temperatur und Druck 15 genau die gleichen sind, so wird auch das Volumen das gleiche. Um durch diese Abhängigkeit beim Vergleich verschiedener Gase nicht gestört zu werden, reduziert man das gemessene Gasvolumen durch Rechnung auf eine Temperatur und einen Normaldruck, die durch 20 Vereinbarung ein für allemal festgenagelt sind. Als Temperatur nimmt man den Nullpunkt des Thermometers, als Normaldruck eine Atmosphäre, d. h. den Druck einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe bei 0°. Dieser Druck beträgt pro 1 qcm Querschnitt der Säule 25 1033,3 g. Versteht man in der zuletzt abgeleiteten, allgemeinsten Gleichung unter p_0 diesen Normaldruck, so bedeutet v_0 das reduzierte Volumen, und dieses kann nun mit Hilfe der Gleichung aus den gemessenen Werten von v, p und t berechnet werden. 30

ABSOLUTE TEMPERATUR

Der sich stets wiederholende algebraische Ausdruck $(1 + \alpha t)$ kann, wenn man für α den Zahlenwert einsetzt, auch in der Form:

$$\frac{273 + t}{273}$$

5 geschrieben werden. Es empfiehlt sich nun, eine Temperaturskala einzuführen, deren Nullpunkt bei $-273°$ liegt, deren Grade folglich um 273 größer sind als die gewöhnlichen. Dieser neue Ausgangspunkt der Temperaturzählung wird als absoluter Nullpunkt und der in 10 der neuen Skala angegebene Grad als absolute Temperatur bezeichnet. Wird die letztere durch den Buchstaben T dargestellt, so ist:

$$T = 273 + t,$$

und die allgemeine Gleichung auf Seite 25 geht über in:

15
$$pv = \frac{p_0 v_0}{273} T.$$

Zur Abkürzung werde

$$\frac{p_0 v_0}{273} = R$$

gesetzt, wodurch die Gleichung die Form:

$$pv = RT$$

20 annimmt, welche man Zustandsgleichung der Gase nennt. Da p_0 den Normaldruck und v_0 das reduzierte Volumen, also eine bestimmte, unveränderliche Zahl bedeutet, so ist R für eine gegebene Gasmenge konstant. Aus der Zustandsgleichung folgt, daß das Volumen bei 25 unveränderlichem Druck und ebenso

der Druck bei unveränderlichem Volumen der absoluten Temperatur unmittelbar proportional sind.

Hieraus entspringt die merkwürdige Konsequenz, daß das Volumen eines Gases beim absoluten Nullpunkt gleich Null wird und verschwindet. Dieses Ergebnis ist undenkbar und darum wertlos, weil bei tiefen Temperaturen oder, genauer gesagt bei solchen Temperaturen, die in der Nähe des Verflüssigungspunktes des Gases liegen, die Gasgesetze unrichtig werden. Trotzdem hat sich die Einführung der absoluten Temperatur durchaus bewährt, und auch dem absoluten Nullpunkt ist eine wichtige Rolle beschieden, denn er dürfte die tiefste Temperatur sein, die überhaupt möglich ist. Bis jetzt gelang es noch nicht bis zu ihm herabzusteigen, aber die Temperatur von etwa $-270°$ ist bereits erreicht worden.

ZWEITES GESETZ VON GAY-LUSSAC

Die chemischen Vereinigungen von Gasen sind dem Gesetz der konstanten Proportionen unterworfen und vollziehen sich daher nach bestimmten Gewichtsverhältnissen. Vorausgesetzt, daß die aufeinander einwirkenden Gase sich alle unter gleichem Druck und gleicher Temperatur befinden, entspricht jeder Gewichtsmenge von jedem einzelnen derselben stets ein ganz bestimmtes Volumen, und man beobachtet infolgedessen, daß bei Gasen die chemischen Vorgänge nicht nur nach konstanten Gewichts-, sondern auch nach konstanten Volumverhältnissen erfolgen. Da die spezifischen Gewichte der Gase verschieden sind, hat selbstverständlich das Volumverhältnis einen ganz anderen Zahlenwert als das Gewichtsverhältnis; merkwürdigerweise ist aber das erstere

sehr viel einfacher beschaffen und unterliegt einem wichtigen, von Gay-Lussac entdeckten Gesetz, welches lautet: *Die Volumina sich verbindender Gase verhalten sich zueinander wie die einfachen ganzen Zahlen. Ist der entstehende Stoff ebenfalls ein Gas, so steht auch dessen Volumen in einem einfachen Zahlenverhältnis zu dem Volumen der ursprünglichen Gase.*

So verbindet sich 1 l Wasserstoff mit 1 l Chlor und liefert 2 l Chlorwasserstoff. 1 l Sauerstoff gibt mit 2 l Wasserstoff 2 l Wasserdampf. Während beim ersten Beispiel durch den chemischen Prozeß das Volumen der miteinander gemengten ursprünglichen Gase nicht verändert wird, tritt beim zweiten eine Zusammenziehung von 3 auf 2 l, also auf 2/3 ein. Ein Beispiel einer Volumvermehrung ist die Zersetzung des Ammoniakgases, bei welcher aus 2 l sich 1 l Stickstoff und 3 l Wasserstoff bilden und somit das Volumen sich verdoppelt.

HYPOTHESE VON AVOGADRO [3]

Um das gleiche Verhalten der Gase und die Einfachheit der Gesetze zu erklären, griff man auf die Atomtheorie zurück, und Avogadro stellte 1811 den Satz auf, daß *alle Gase bei gleichem Druck und gleicher Temperatur in gleichen Räumen die gleiche Anzahl von Molekülen enthalten.*

Dieser Satz ist kein Gesetz, das sich, da man die Moleküle nicht einzeln sehen und zählen kann, unmittelbar beweisen läßt. Er ist nur eine Annahme, aber eine Annahme, die sich als überaus fruchtbar und aufklärend

erwies und einer der wichtigsten Grundpfeiler des chemischen Lehrgebäudes wurde.

Enthält 1 l Wasserstoff genau so viele Wasserstoffmoleküle als 1 l Sauerstoff Sauerstoffmoleküle, dann müssen die Gewichte dieser zwei Gasmengen sich verhalten wie 5 die Gewichte der beiden Moleküle. Das Verhältnis der Gasgewichte ist durch die spezifischen Gewichte gegeben, und daher kann man aussprechen: D i e M o l e k u l a r g e w i c h t e g a s f ö r m i g e r S t o f f e s t e h e n z u e i n a n d e r i n d e m g l e i c h e n V e r h ä l t - 10 n i s w i e d i e s p e z i f i s c h e n G e w i c h t e.

Diese Überlegungen beschränken sich selbstverständlich nicht allein auf den Wasserstoff und Sauerstoff, sondern sind von allgemeinster Gültigkeit. Sie ermöglichen auf direktem experimentellem Wege die Ermittlung von 15 Molekulargewichten; vor der Beschreibung dieser Methoden sind jedoch noch einige Fragen klarzustellen. Die Wassersynthese vollzieht sich so, daß aus 2 l Wasserstoff und 1 l Sauerstoff 2 l dampfförmiges Wasser entstehen; nach der Avogadroschen Hypothese bilden also je 2 20 Wasserstoffmoleküle mit 1 Sauerstoffmolekül 2 Wassermoleküle. Die einfachste Voraussetzung, und man hat sie in der Tat zunächst gemacht, wäre nun die, daß die Moleküle des Wasserstoffs und Sauerstoffs nur aus einem einzigen Atom beständen, und somit die Reaktion nach 25 der Gleichung:

$$2H + O = H_2O$$

stattfände. Dann bekäme das Wassermolekül die Formel H_2O. Damit verirrte man sich aber in Widersprüche, denn die Gleichung spricht nun aus: 2 Moleküle H und 30 1 Molekül O verwandeln sich in 1 Molekül Wasser. Die

Synthese sagt aber in aller Klarheit, daß 2 Moleküle Wasser entstehen, und daraus folgt unmittelbar die Hinfälligkeit der Gleichung und der ihr zugrunde liegenden Voraussetzung.[4]

5 Erteilt man hingegen den Wasserstoff- und Sauerstoffmolekülen die Formeln H_2 und O_2, faßt man sie also als aus 2 Atomen bestehend auf, so begegnet man nirgends Widersprüchen. Die Reaktionsgleichung lautet nun:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O.$$

10 Die Formel des Wassers ist zwar H_2O geblieben, aber jetzt ist deutlich zum Ausdruck gebracht, daß 2 Moleküle desselben entstehen.

Das Sauerstoffmolekül bekommt also die Formel O_2. Da das Atomgewicht des Sauerstoffs zu 16 festgelegt 15 wurde, beträgt nach dieser Formel das Molekulargewicht des Sauerstoffs 32, und diese Zahl bietet nun die Unterlage zur Berechnung der Molekulargewichte anderer Gase.

Die Zustandsgleichung der Gase ist auf eine beliebige Gasmenge bezogen; sie wird aber ganz besonders lehr- 20 reich, wenn man sie auf Mengen anwendet, die gleich dem Molekulargewicht, ausgedrückt in Grammen, sind. Eine solche Menge wird als 1 Grammolekül oder kürzer als 1 Mol bezeichnet. Auf die Natur des Gases kommt es dabei nicht an, denn 1 Mol füllt immer den gleichen 25 Raum aus, nämlich 22,411 l bei 0° und dem Normaldruck von einer Atmosphäre. Die schon eingeführte Konstante R erhält damit den Wert:

$$R = \frac{p_0 v_0}{273} = \frac{1 \,.\, 22{,}411}{273} = 0{,}08207.$$

Diese Zahl gilt für alle Gase und geht in sehr viele physi- 30 kalisch-chemische Berechnungen ein.

BESTIMMUNG DES MOLEKULARGEWICHTS AUS DER DAMPFDICHTE

Da die Molekulargewichte von Gasen sich wie die spezifischen Gewichte verhalten, so läuft die Ermittlung der ersteren auf eine Bestimmung der letzteren hinaus. Unter dem spezifischen Gewicht eines festen oder flüssigen Körpers versteht man das Verhältnis des Gewichts des 5 Körpers zu dem eines gleichen Volumens Wasser. Man könnte bei den Gasen das spezifische Gewicht ebenso definieren; man bekommt aber dann nur sehr kleine Zahlenwerte, und darum bezieht man die Gase gewöhnlich nicht auf Wasser, sondern auf atmosphärische Luft. 10 Das spezifische Gewicht eines Gases ist also diejenige Zahl, welche angibt, wieviel mal schwerer das Gas ist als das gleiche Volumen reine trockene Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck. Diese so definierte Zahl hat den Vorteil, daß sie unabhängig von der Tem- 15 peratur und dem Druck ist, denn jede Verschiebung dieser zwei Faktoren ruft bei beiden Gasen die gleiche Veränderung des Volumens hervor. Das spezifische Gewicht der Gase wird auch als Dampfdichte und mit dem griechischen Buchstaben Δ bezeichnet. 20

1 l Luft wiegt bei 0° und Normaldruck 1,2932 Gramm, 1 l des betreffenden Gases daher:

$$1{,}2932 \cdot \Delta \text{ Gramm.}$$

Da 1 Mol einen Raum von 22,411 l einnimmt, so wiegt 1 Mol des Gases: 25

$$22{,}411 \cdot 1{,}2932 \cdot \Delta \text{ Gramm.}$$

Nun ist aber ein Mol das in Grammen ausgedrückte Molekulargewicht; nennt man dieses M, so wird folglich:

$$M = 22,411 \cdot 1,2932 \cdot \Delta$$

oder ausgerechnet und abgerundet:

5 $$M = 29,0 \cdot \Delta.$$

Um das Molekulargewicht zu berechnen, hat man also nur die Dampfdichte mit 29,0 zu multiplizieren.

Es fällt hiernach nicht schwer, das Molekulargewicht 10 sämtlicher gasförmiger Stoffe zu bestimmen; aber auch für zahlreiche flüssige und feste Stoffe ist dies möglich, nämlich für alle solche, die sich verdampfen lassen, ohne daß sie sich dabei chemisch zersetzen. Die Methoden zur Ermittlung der Dampfdichte sind aus diesem Grunde 15 für die Chemie von großer Wichtigkeit und sollen in folgendem kurz beschrieben werden.

Hugo Kauffmann: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 21; Band 71, Sammlung Göschen.

XXI. Die Verflüssigung der Gase

Preßt man ein Gas sehr stark zusammen, so kann es sich in zwei Zonen teilen, eine untere, die flüssig ist, und eine obere, die gasförmig bleibt. Diese Umwandlung 20 wird außer[1] durch hohe Drucksteigerung auch durch starke Abkühlung ermöglicht, und letztere ist in gewissen Fällen sogar unumgänglich nötig. Die Verflüssigung gelingt selbstverständlich am leichtesten bei den Dämpfen, d. h. bei solchen Stoffen, die wie das Wasser gewöhn- 25 lich flüssig sind und im gasförmigen Zustand vor allem infolge erhöhter Temperatur verweilen. In diesen Fällen

bedarf es nur der Wiederabkühlung, um zum flüssigen Stoff zurückzugelangen. Aber auch viele der eigentlichen Gase bieten der Verflüssigung keinerlei Schwierigkeiten; so geht die gasförmige Kohlensäure bei Zimmertemperatur unter einem Druck von etwa 55 und bei 0° schon unter 5 einem Druck von etwa 35 Atmosphären in den tropfbaren Zustand über. Diese leicht kondensierbaren Gase weichen merklich von den allgemeinen Gasgesetzen ab und geben damit zu erkennen, daß sie sich von den vollkommenen Gasen erheblich entfernen. 10

Gase, welche wie der Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff dem idealen Gase sehr nahe kommen, sind viel schwieriger zu verflüssigen. Früher nahm man an, sie seien überhaupt nicht in den flüssigen Zustand überführbar, und bezeichnete sie aus diesem Grunde als perma- 15 nente Gase. Seit den Untersuchungen Andrews[2] (1869) weiß man indessen, daß zwischen den verschiedenen Gasen kein prinzipieller Unterschied besteht, und daß für das Gelingen der Verflüssigung die Temperatur eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Temperatur muß 20 unterhalb einer gewissen Grenze liegen; andernfalls tritt selbst bei den höchsten Drucken keine Kondensation ein. Diese Grenze wird als kritische Temperatur bezeichnet. Bei den permanenten Gasen liegt die kritische Temperatur sehr niedrig, noch unterhalb −100°, und solange solche 25 tiefen Abkühlungen nicht ausführbar waren, mußten alle Versuche erfolglos verlaufen. Bei dem Kohlendioxyd liegt die kritische Temperatur viel höher, nämlich bei +31°, und daher ist es leicht verständlich, daß hier die Verflüssigung noch bei gewöhnlicher Temperatur mög- 30 lich ist.

Der Druck, welcher bei der kritischen Temperatur für

die Verflüssigung erforderlich ist, wird kritischer Druck genannt. Er beträgt beim Kohlendioxyd 75 Atmosphären. Oberhalb 31° genügt kein Druck, um das Kohlendioxyd zur Aufgabe des gasförmigen Zustandes zu zwingen. Wird aber das Gas, ohne daß man hierbei den Druck erniedrigt, auf unterhalb 31° abgekühlt, so ist dasselbe, ohne daß eine sichtbare Veränderung stattgefunden hat, in den flüssigen Zustand übergegangen, wie sofort daran [3] zu bemerken ist, daß nach Aufheben des Druckes die Substanz ins Sieden gerät. Die Verflüssigung hat sich bei diesem Versuch, weil der Druck höher als der kritische ist, abweichend von sonst ohne Bildung zweier Schichten, also ohne plötzlichen Übergang vom einen zum andern Aggregatzustand vollzogen.

Das spezifische Gewicht eines Stoffes ist im flüssigen Zustande stets größer als im gasförmigen. Ist jedoch seine Temperatur gleich der kritischen und sein Druck ebenfalls gleich dem kritischen, dann verschwinden die Unterschiede zwischen beiden spezifischen Gewichten, da ja auch die Unterschiede zwischen den beiden Aggregatzuständen verschwinden. Sind die spezifischen Gewichte einander gleich, so sind dieses auch die spezifischen Volumen, d. h. die Volumen der Gewichtseinheit des Stoffes. Das spezifische Volumen, welches vom Stoff bei der kritischen Temperatur und dem kritischen Druck eingenommen wird, bezeichnet man als kritisches Volumen.

Um die permanenten Gase zu verflüssigen, muß man, wie aus diesen Darlegungen hervorgeht, über Verfahren und Erzeugung sehr tiefer Temperaturen verfügen. Die älteren Verfahren bestanden darin, daß man leichter kondensierbare Gase, etwa Kohlendioxyd, im Vakuum

zur Verdampfung brachte. Gegenwärtig fällt das Arbeiten bei tiefen Temperaturen nicht mehr schwer, da man in der flüssigen Luft, deren Temperatur etwa $-180°$ beträgt, ein leicht in großen Mengen zu beschaffendes, bequemes Abkühlungsmittel besitzt. Die technische Erzeugung der flüssigen Luft geschieht mit von Linde[4] und von Hampson erfundenen Maschinen und beruht darauf,[5] daß schon die Luft, wenn auch nur kleine, so doch ausreichende Abweichungen von den Gasgesetzen aufweist. Wenn sich zusammengepreßte Luft ohne Arbeitsleistung ausdehnt, so sollte sich ihre Temperatur dabei nicht ändern; in Wirklichkeit tritt jedoch eine Abkühlung ein, die zwar nur gering ist, die aber dadurch,[5] daß sie zur Vorkühlung neuer, nachher sich ebenfalls ausdehnender Luft dient, in sinnreicher Weise dazu benützt wird, nach und nach viel erheblichere und schließlich sehr große Abkühlungen zu bewirken.

HUGO KAUFFMANN: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 51; Band 71, Sammlung Göschen.

XXII. Der Dampfdruck

Die bei der Kondensation eines Gases noch im gasförmigen Zustand verbleibende Zone wird als Dampf der Flüssigkeit bezeichnet. Dieser Dampf übt natürlich einen bestimmten Druck aus, befolgt aber, solange er mit der Flüssigkeit in Berührung ist, nicht mehr die Gasgesetze. Versucht man bei gleichbleibender Temperatur den Druck zu erhöhen, so gelingt dies nicht, und der Erfolg besteht nur darin, daß die Menge des Dampfes ab- und die der Flüssigkeit zunimmt, daß also die Kondensation voranschreitet. Erst dann, wenn der letzte

Rest des Dampfes verschwunden ist, sind Drucksteigerungen, welche sich dann aber nur auf die jetzt noch allein vorhandene Flüssigkeit erstrecken, überhaupt möglich. Umgekehrt sind auch Druckverminderungen aus-
5 geschlossen, und jeder Versuch hierzu bewirkt lediglich Wiederverdampfung. Der Dampf einer Flüssigkeit übt also bei einer gegebenen Temperatur einen ein für allemal festgelegten, völlig unveränderlichen Druck aus.

Diese Drucke, Spannungen oder Tensionen hängen nur
10 von der Temperatur ab und sind um so kleiner, je niedriger letztere ist. Welches auch die Temperatur sein mag, eine Flüssigkeit entwickelt stets Dampf, falls natürlich Platz für diesen vorhanden ist, d. h. falls neben der Flüssigkeit sich ein leerer oder nur von Gasen erfüllter
15 Raum befindet. Bei niederen Temperaturen kann jedoch die Neigung zur Verdampfung so gering werden, daß der Dampfdruck verschwindend kleine Werte annimmt. Substanzen, die sich leicht verdampfen lassen, also schon bei gewöhnlicher Temperatur oder mäßiger Erwärmung
20 hohen Dampfdruck zeigen, bezeichnet man als leicht, diejenigen, die erst bei starker Erhitzung gasförmig werden, als schwer flüchtig.

Verdampft die Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefäß, so tritt schließlich ein Stillstand ein, und zwar
25 dann, wenn der Dampf den zur Temperatur gehörigen Druck erreicht hat. Man sagt: Dampf und Flüssigkeit stehen jetzt im Gleichgewicht miteinander. Die Menge des erzeugten Dampfes wird von der zufälligen Größe des Gefäßes bestimmt, charakterisiert also das Gleich-
30 gewicht in keiner Weise. Kennzeichnend hingegen ist der Druck und ferner die Dichte des Dampfes.

Verdampft die Flüssigkeit in einem offenen Gefäß, so

entweicht der Dampf, und ein Stillstand tritt nun überhaupt nicht ein. Die Flüssigkeit geht restlos als Dampf fort, der sich in der Umgebung ausbreitet. Dieser Vorgang spielt sich um so leichter ab, je höher der Dampfdruck ist, und infolgedessen in der Hitze rascher als in 5
der Kälte. Der größte Wert, den der Dampfdruck einer im offenen Gefäß befindlichen Flüssigkeit erreichen kann, ist der Druck der auf ihr lastenden Atmosphäre. Das Wasser z. B. erreicht diesen Druck von einer Atmosphäre bei 100°. Führt man ihm weitere Wärme zu, so 10
dient diese nicht mehr dazu, die Temperatur und den Druck zu steigern, sondern allein nur noch dazu, eine weitere Menge Flüssigkeit in Dampf zu verwandeln, und zwar zumeist in so raschem Tempo, daß sich der Dampf schon im Innern der Flüssigkeit in Form von Blasen 15
bildet. Die Flüssigkeit siedet jetzt, und daher bezeichnet man die Temperatur, bei welcher also der Dampfdruck dem äußeren Druck gleich geworden ist, als Siedepunkt. Sinkt der äußere Druck, wie etwa auf hohen Berggipfeln, dann fällt auch der Siedepunkt. 20

HUGO KAUFFMANN: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 54; Band 71, Sammlung Göschen.

XXIII. Spezifische Wärme fester Körper. Atomwärme

Von allen allgemeinen Eigenschaften der festen Körper kommt auf Grund neuerer theoretischer Vorstellungen vor allem der spezifischen Wärme hervorspringende Bedeutung [1] zu. Aber auch schon früher war sie von großer Wichtigkeit, weil sie ähnlich wie der Isomorphismus ein 25
geschätztes Hilfsmittel bei der Festlegung der Atomge-

wichte ist. Ihre Anwendung zu diesem Zwecke beruht auf der von Dulong[2] und Petit im Jahre 1818 an den chemischen Elementen beobachteten Regelmäßigkeit, daß das Produkt aus spezifischer Wärme und Atomgewicht nahezu konstant und im Durchschnitt gleich 6,4 ist. Da dieses Produkt als Atomwärme bezeichnet wird, so läßt sich die Regel auch folgendermaßen fassen: *Die Atomwärme aller Elemente in festem Zustande ist gleich groß.* Hierdurch ist ausgesprochen, daß die Wärmemenge, welche zur Erhöhung der Temperatur um 1° erforderlich ist, pro Atom für alle festen Elemente denselben Wert hat.

Wie die Tabelle (S.125) zeigt, kann die Regel von Dulong und Petit keinen Anspruch darauf machen, ein exaktes Gesetz zu sein, denn die Zahlen schwanken ziemlich stark um den Mittelwert 6,4. Am zuverlässigsten ist die Regel bei den Metallen und bewährt sich da ebensogut beim Lithium wie beim Uran, also bei dem Metall mit den leichtesten, ebenso wie bei dem mit den schwersten Atomen. Das Atomgewicht eines Elementes muß hiernach so festgelegt werden, daß seine Multiplikation mit der spezifischen Wärme, die sich nach einfachen Methoden leicht bestimmen läßt, ungefähr den Wert 6,4 ergibt. Ursprünglich schrieb man z. B. dem Uran nur die Hälfte seines jetzigen Atomgewichtes zu und kam auf den heutigen Wert, der mit allen späteren Erfahrungen aufs beste harmonierte, erst, als man seine spezifische Wärme ermittelte.

Von Kopp[3] ist festgestellt worden, daß die verschiedenen Elemente ihre Atomwärmen auch in den Verbindungen beibehalten. Die Molekularwärme, d. h. das Produkt aus spezifischer Wärme und Molekulargewicht

TABELLE DER SPEZIFISCHEN UND ATOMWÄRMEN DER WICHTIGSTEN ELEMENTE

Element	Spez. Wärme	Atom-wärme
Lithium	0,94	6,6
Natrium	0,294	6,7
Magnesium	0,246	6,0
Kalium	0,166	6,5
Kalzium	0,170	6,8
Chrom	0,121	6,3
Eisen	0,114	6,4
Kobalt	0,107	6,3
Nickel	0,108	6,4
Kupfer	0,094	6,0
Zink	0,093	6,1
Arsen	0,083	6,2
Selen	0,080	6,6
Brom	0,084	6,7
Palladium	0,059	6,3
Silber	0,056	6,0
Kadmium	0,055	6,2
Zinn	0,055	6,4
Antimon	0,050	6,0
Tellur	0,047	6,0
Jod	0,054	6,8
Cer	0,045	6,3
Wolfram	0,033	6,1
Iridium	0,032	6,3
Platin	0,032	6,3
Gold	0,032	6,3
Quecksilber	0,032	6,4
Blei	0,031	6,5
Wismut	0,031	6,5
Thorium	0,028	6,4
Uran	0,028	6,4

einer Verbindung, läßt sich direkt aus der Atomwärme der Bestandteile berechnen. D i e M o l e k u l a r - w ä r m e e i n e r f e s t e n V e r b i n d u n g i s t g l e i c h d e r S u m m e d e r A t o m w ä r m e d e r
5 i n i h r e n t h a l t e n e n M e t a l l e. Als Beispiel diene das Jodkalium JK, dessen spezifische Wärme 0,819 und dessen Molekularwärme daher $0,819 \times (127 + 39)$ oder 13,6 beträgt. Durch Addition findet man:

Atomwärme für das Jod	6,8
10 " " " Kalium	6,5
also Molekularwärme für Jodkalium	13,3.

Der experimentelle Wert 13,6 stimmt mit dem theoretischen 13,3 gut überein. Als zweites Beispiel sei das Quecksilberjodid HgJ_2 gewählt, bei welchem sich die
15 spezifische Wärme zu 0,042 und damit die Molekularwärme zu $0,042 \times (200 + 2 \times 127)$ oder 19,1 ergibt. Durch Addition erhält man:

Atomwärme für das Quecksilber	6,4
" " 2 Jodatome	13,6
20 Molekularwärme für Quecksilberjodid	20,0,

also gleichfalls wieder annähernde Übereinstimmung. Obgleich der Koppsche Satz, wie schon diese beiden Beispiele beweisen, nicht in aller Strenge, sondern nur näherungsweise gilt, so kann man ihn doch dazu verwen-
25 den, um auch über die Atomwärme von solchen Elementen, die bei gewöhnlicher Temperatur nicht fest sind, Aufschluß zu bekommen. So läßt sich z. B. aus der Molekularwärme des Chlorkaliums ClK, welche sich aus der spezifischen Wärme 0,173 zu 12,9 berechnet, durch

Subtraktion der Atomwärme 6,5 des Kaliums die des Chlors ermitteln. Die Differenz beträgt 6,4 und zeigt damit an, daß das Chlor sich gleichfalls der Regel von Dulong und Petit fügt.

Eine Reihe von Elementen befolgt die Regel nicht und gibt große Abweichungen. Anzuführen sind hauptsächlich: Beryllium, Bor, Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und Schwefel, also Elemente, deren Atomgewicht kleiner als 35 ist. Kohlenstoff hat als Diamant eine andere Atomwärme wie als Graphit; im ersteren Falle beträgt sie ungefähr 1,4, im letzteren 2,0, ist folglich beide Male viel zu gering oder würde eine weitgehende Abänderung des Atomgewichts erfordern, wovon jedoch in Rücksicht auf sehr schwerwiegende andere Tatsachen keine Rede sein kann. Die Abweichungen sind dahin zu erklären, daß bei diesen Elementen die spezifische Wärme sehr veränderlich ist, stark mit der Temperatur ansteigt und erst in der Hitze sich allmählich einem konstanten Wert nähert. Benützt man diesen Grenzwert, so geht die Entfernung der Atomwärme von der Zahl 6,4 um ein großes Stück zurück. Weber[4] fand, daß die Atomwärmen des Diamants und des Graphits in der Gegend von 1000° sich kaum noch ändern, und daß dann beide den gleichen Wert 5,5 annehmen, der sich der Regel von Dulong und Petit nun genügend fügt.

Übrigens ist auch bei jenen Elementen, die ohne weiteres der Regel gehorchen, die spezifische Wärme keineswegs konstant, so daß je nach der Temperatur die Werte der Atomwärmen anders ausfallen. In der Kälte erhält man kleinere Werte, und bei sehr tiefen Temperaturen wird, wie Nernst[5] nachwies, die Atomwärme sogar nahezu Null. Die überraschende Tatsache, daß die spezifische

und die Atomwärme in der Nachbarschaft des absoluten Nullpunktes verschwinden, ist von enormer Tragweite, da sie sich nur mit der von Planck [6] entwickelten Quantenhypothese der Energie erklären läßt und daher diese 5 zu bestätigen scheint. Mit wenigen Worten sei hierauf eingegangen.

Während vor allem in den Gasen, aber auch noch in den Flüssigkeiten den Molekülen eine freie Beweglichkeit zukommt, sind sie in den festen Körpern an einen be- 10 stimmten Ort festgebannt. Trotzdem befinden sie sich natürlich nicht in Ruhe, da ja der Körper eine gewisse Temperatur hat und sie selbst infolgedessen eine gewisse kinetische Energie besitzen. Die einzig möglichen Bewegungen, die sie ausführen können, sind Schwingungen 15 um ihre Ruhelage. Früher nahm man an, daß die kinetische Energie dieser Schwingungen, deren Mittelwert ähnlich wie bei den Gasen ein Maßstab der Temperatur ist, beliebig größer oder kleiner werden und daß man sie somit durch Zufuhr von Wärme stetig steigern kann. 20 Die neueren Untersuchungen lehrten nun die Hinfälligkeit dieser Auffassung und sind im Einklang mit der von Planck aus anderen Tatsachen abgeleiteten Vorstellung, d a ß v o n s c h w i n g u n g s f ä h i g e n A t o m e n E n e r g i e n u r i n b e s t i m m t e n Q u a n t e n 25 a u f g e n o m m e n w i r d.

Hugo Kauffmann: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 71; Band 71, Sammlung Göschen.

XXIV. Flüssigkeitsgemische

Flüssigkeiten untereinander zeigen bald unbeschränkte, bald begrenzte Mischbarkeit. Äther z. B. löst sich in Wasser nur wenig und der Überschuß schwimmt auf

letzterem; Alkohol dagegen mischt sich mit Wasser in jedem beliebigen Verhältnis. Besteht begrenzte Mischbarkeit, so ist immer mehr als nur eine einzige Phase vorhanden, von denen jedoch jede als eine Lösung aufzufassen ist. Im Falle der Äther-Wasser-Mischung besteht die eine Phase, nämlich die untere Schicht, aus einer Lösung von Äther in Wasser und die andere, nämlich die obere Schicht, aus einer Lösung von Wasser in Äther. Der aufschwimmende Äther ist also keineswegs, wie man vermuten könnte, unverändert geblieben, sondern naß oder feucht geworden. In manchen Fällen läßt sich durch Temperaturänderungen, in der Regel durch Erhitzen, die begrenzte Mischbarkeit in eine unbegrenzte verwandeln. Es beruht dies darauf, daß die Bestandteile ineinander löslicher werden, die einzelnen Phasen sich daher in der Zusammensetzung sich einander mehr und mehr nähern, bis sie bei einem bestimmten Punkt völlig gleich sind und in eine einzige zusammenfließen. Beim Abkühlen vollzieht sich der umgekehrte Vorgang, und die beiden Phasen entmischen sich wieder. Der Punkt, bei welchem soeben die einzelnen Phasen verschwinden, wird kritischer Lösungspunkt genannt.

Die gegenseitige Auflösung zweier Flüssigkeiten tritt, sowie sie sich berühren, stets von selbst ein. Schichtet man z. B. über Wasser Alkohol, so findet man, obgleich er ein geringeres spezifisches Gewicht als das Wasser hat, dennoch nach einer längeren Spanne Zeit ein völlig homogenes Gemisch beider vor. Die Flüssigkeiten vermögen demnach ebenso wie die Gase ineinander zu diffundieren. Der Vorgang der Diffusion ist erst dann abgeschlossen, wenn die Mischung überall durchaus gleichartig geworden ist; bringt man daher die Lösung

einer Flüssigkeit in einer anderen mit weiteren Mengen der letzteren zusammen, so tritt aufs neue eine Diffusion ein, die wieder zu einer homogenen, jedoch nun verdünnteren Lösung führt. Umrühren oder Schütteln beschleu-
5 nigt in jedem Fall die Diffusion.

Gegenüber den Gasmischungen ist bei den flüssigen Lösungen zu betonen, daß mit dem Lösungsvorgang die selbständige Existenz der einzelnen Bestandteile eine gewisse Einbuße erleidet und erst wieder nach der Besei-
10 tigung der anderen Bestandteile zum Vorschein kommt. Während man bei einer Gasmischung die Eigenschaften, z. B. das spezifische Gewicht, durch einfache Addition aus denen der Bestandteile berechnen kann, gibt hier ein derartiges Rechenverfahren aus diesem Grunde nur un-
15 brauchbare Resultate. Wäre das Verhalten wie bei den Gasen, dann müßte eine Mischung von Alkohol und Wasser einen Raum einnehmen, der gleich der Summe der von den einzelnen Flüssigkeiten erfüllten Räume ist; in Wirklichkeit tritt aber eine ganz erhebliche Raumver-
20 minderung ein. Solche Tatsachen lehren, daß auch bei Mischungen der flüssige vom gasförmigen Zustand sich durch das Auftreten von Kräften zwischen den Molekülen unterscheidet; nur kommt noch als neu hinzu, daß die Kräfte nicht allein zwischen gleichartigen, son-
25 dern auch zwischen ungleichartigen Molekülen wirken können.

Erhitzen des Gemisches verursacht ebenso wie bei einer einheitlichen Substanz Verdampfen und Sieden. Ein bestimmter Siedepunkt stellt sich aber im allgemeinen nicht
30 ein; vielmehr geht die Siedetemperatur bis zum letzten Rest fortwährend in die Höhe. Die dampfförmige Phase enthält die Bestandteile in einem anderen Mischungs-

verhältnis wie die flüssige und ändert ihre Zusammensetzung in dem Maße, als der Prozeß voranschreitet. In den zuerst verdampfenden Partien wiegt der niedriger siedende, in den zuletzt verdampfenden der höher siedende Bestandteil vor. Man kann demnach ein Flüssig- 5 keitsgemisch dadurch[1] in seine Bestandteile zerlegen, daß man es zum Sieden erhitzt, die Dämpfe ableitet, mit Hilfe einer Kühlvorrichtung wieder kondensiert und die sich folgenden Anteile des entstehenden Destillats in verschiedenen Gefäßen auffängt. Man bezeichnet dieses 10 Verfahren als f r a k t i o n i e r t e D e s t i l l a t i o n. Jedes der Gefäße enthält eine Fraktion von anderer Zusammensetzung; in der ersten Fraktion herrscht die niedriger siedende, in der letzteren die höher siedende Flüssigkeit vor, und die anderen bilden Zwischenstufen. 15 Man unterwirft jede Fraktion aufs neue der fraktionierten Destillation, und indem man diese Operation mehrfach wiederholt, gelingt es schließlich, die Bestandteile wieder rein zurückzugewinnen. Die fraktionierte Destillation ist um so erfolgreicher und führt um so rascher zum Ziel, 20 je weiter die Siedepunkte der zu trennenden Flüssigkeiten auseinanderliegen.

HUGO KAUFFMANN: *Allgemeine u. physikalische Chemie*, Seite 81; Band 71, Sammlung Göschen.

XXV. Die Probenahme

Schon hier begegnen wir einer Schwierigkeit, die für den rein wissenschaftlichen Analytiker so gut wie gar nicht besteht und deren Vorhandensein von ihm häufig 25 nicht genügend gewürdigt wird; vielleicht noch häufiger aber ist der nicht wissenschaftlich gebildete Techniker damit gar nicht bekannt, und entstehen dann schwere

Irrtümer und große Verluste. Dies bezieht sich natürlich auf die Herstellung einer die Beschaffenheit des zu untersuchenden Materiales wirklich repräsentierenden Durchschnittsprobe. Es kommt z. B. vor, daß ein Unterneh-
5 mer dem Professor an irgend einer Lehranstalt ein Stück Mergel aus einem Steinbruch bringt und wissen will, ob sich dieser Mergel zum Brennen auf Zement eignen wird, daß dann wirklich von diesem Stück eine genaue Analyse gemacht und daraus ein Schluß auf die Brauchbarkeit
10 des ganzen Steinbruchmateriales zur Zementfabrikation gezogen wird! Bei einem alten griechischen Schriftsteller wird gespottet über einen Mann, der sein Haus verkaufen wollte und zur Information für etwaige Käufer einen Ziegel als Probe auf den Markt brachte; dies ist zwar
15 drastischer, aber kaum verkehrter als die oben (aus der Erfahrung) angeführte und in recht vielen ähnlichen Fällen auftretende Verkehrtheit.

Selbst da, wo die Sache viel leichter ist oder doch zu sein scheint, wird oft auch von den Nächstbeteiligten die
20 Schwierigkeit der Ziehung einer wirklichen Durchschnittsprobe nicht genügend gewürdigt. Wie leicht wird z. B. bei der Probenahme von Steinkohlen ein erheblicher Fehler begangen, indem ein größeres Stück Schwefelkies mit in das Muster gelangt — oder auch in umgekehrter
25 Richtung! Aber selbst beim Probeziehen von pulverigen Materialien können noch grobe Irrtümer oder auch absichtliche Täuschungen vorkommen, wenn nicht in ganz richtiger Weise verfahren wird.

Weitaus am schwierigsten ist die Herstellung einer
30 richtigen Durchschnittsprobe bei grobstückigem Materiale, erheblich leichter bei feinerem Korn, noch leichter bei pulverigem Materiale, am leichtesten im allgemeinen

bei Flüssigkeiten, schwieriger wieder bei Gasen. Besondere Schwierigkeiten treten auf, wo die Berührung mit der Luft während der Probenziehung und Zerkleinerung des Musters die Beschaffenheit desselben durch Verdunstung, Wasseranziehung, Oxydation usw. verändern kann. Hier 5 sind dann ganz spezielle Vorsichtsmaßregeln nötig, die an den betreffenden Stellen näher angeführt sind.

Es ist unnötig zu sagen, daß die genaueste Analyse wertlos ist und daß unendliche Irrtümer und Streitigkeiten entstehen müssen, wenn bei der Probenahme gefehlt 10 worden ist; hierauf muß also unbedingt ebensoviel Sorgfalt wie auf die analytische Arbeit im Laboratorium verwendet werden.

Am schwierigsten ist, wie bemerkt, die Probenahme bei stückigem Material und ganz besonders da, wo der 15 wertvolle Bestandteil nur in kleiner Menge und in sehr ungleicher Verteilung darin vorkommt, wie z. B. bei Edelmetallerzen, oder da, wo gewisse, sehr schädliche Verunreinigungen in ebenso ungleicher Verteilung darin enthalten sind. Die hieraus entspringenden Unannehm- 20 lichkeiten haben wohl zuerst dahin geführt, daß man erstens für die Probenziehung ganz bestimmte Regeln aufgestellt hat, und daß sich zweitens der Gebrauch eingebürgert hat, in wichtigeren Fällen die Operation der Entnahme der Proben, die Zerkleinerung derselben und 25 die Reduktion auf die dem Chemiker einzuhändigende Substanz kontradiktorisch in Gegenwart von Vertretern beider Parteien oder aber eines von ihnen bestimmten Unparteiischen vorzunehmen. Meist werden mit dem schließlich erhaltenen Durchschnitts-Muster mehrere 30 Flaschen gleichzeitig gefüllt und mit dem Siegel beider Parteien verschlossen.

Die folgenden Vorschriften können natürlich nicht beanspruchen, die schwierige, hier vorliegende Aufgabe in absolut richtiger Weise zu lösen; sie können nur eine Annäherung daran darstellen, tun dies aber wohl in min-
5 destens ebenso guter Weise, wie jede andere irgendwo übliche Weise. Im wesentlichen beruhen sie auf den in des Verfassers „Taschenbuch für die Sodafabrikation“ etc., 3. Aufl., S. 278 ff. enthaltenen Vorschriften, die unter Mitwirkung einer Anzahl erfahrener Fabrikanten
10 entstanden sind, doch sind sie nicht nur ausführlicher, sondern auch durch anderweitige Erfahrungen ergänzt.

In vielen Fällen, namentlich in den organischen chemischen Industrien, aber auch z. B. bei kaustischer Soda, rauchender Schwefelsäure, etc. müssen infolge der eigen-
15 tümlichen Beschaffenheit der betreffenden Substanzen die Proben in ganz bestimmter, nur für den betreffenden Fall gültiger Art gezogen werden. Hierüber findet sich das Nötige nicht in diesem allgemeinen Teile, sondern bei den einzelnen Abschnitten.

GEORG LUNGE: *Chemisch-technische Untersuchungsmethoden*, 5. Aufl.; Band 1, Seite 8.

XXVI. Trink- und Brauchwasser

von Prof. Dr. L. W. WINKLER, Budapest

20 Chemisch reines Wasser kommt in der Natur nicht vor; jedes natürliche Wasser enthält kleinere oder größere Mengen von Salzen etc. gelöst. Im allgemeinen ist das Gletscherschmelzwasser, dann das Regenwasser das reinste; abgesehen von den im Regenwasser gelösten Gasen
25 (N_2, O_2, CO_2) findet man darin fast immer Ammoniak (im Liter 1–5 mg), so auch Spuren von salpetriger Säure und Salpetersäure. Der Regen reißt ferner Staubteile

mit sich und löst daraus geringe Mengen mineralischer Bestandteile, z. B. Natriumchlorid. Merkliche Mengen anorganischer Bestandteile, namentlich Schwefelsäure, findet man im Regenwasser, welches im Umkreise von Fabrikstädten gesammelt wurde. Das Regenwasser ent- 5 hält auch immer Kleinwesen und deren Keime.

Das niedergefallene Regenwasser dringt den Bodenverhältnissen entsprechend mehr oder minder tief ein, um stellenweise als Quellwasser wieder zur Oberfläche zu gelangen. Auf diesem seinen Wege[1] kommt das Wasser 10 mit mineralischen Stoffen in innige Berührung und löst davon größere oder geringere Mengen. Die Erdrinde besteht zwar zum größten Teile[2] aus in reinem Wasser fast unlöslichen Verbindungen, das in den Boden eindringende Wasser wird jedoch durch die Bodenluft mit 15 Kohlensäure geschwängert, wodurch es auch solche Verbindungen zu lösen vermag, die sonst in Wasser unlöslich sind. Dementsprechend enthält jedes Quellwasser Kalzium- und Magnesiumsalze, die dessen Härte bedingen. Kalzium und Magnesium kommen im natür- 20 lichen Wasser gewöhnlich hauptsächlich als Hydrokarbonate und nur in untergeordneten Mengen als Sulfate vor. Auf dem erwähnten Wege löst das Wasser auch geringe Mengen von Natrium- und Kaliumsalzen, ferner gelangen Sulfate, Chloride und Silikate hinein. Es fin- 25 den sich auch Spuren von näher nicht bekannten Kohlenstoffverbindungen im Quellwasser; die Menge der organischen Substanzen ist jedoch im Verhältnisse zu den mineralischen in reinem, natürlichem Wasser verschwindend klein. Das Brunnenwasser ist eine durch 30 Grundwasser gespeiste, künstlich eröffnete Quelle, enthält daher dieselben Bestandteile wie das eigentliche

Quellwasser. Manche Quellwässer sind gehaltreicher oder besitzen eine höhere Temperatur als die gewöhnlichen; dies sind die sogenannten Mineralwässer.

Das an die Erdoberfläche gelangte Quellwasser setzt seinen Lauf als Bach und Fluß fort. Unterdessen kommt das Wasser vielfach mit Luft in Berührung, wodurch die Hydrokarbonate größtenteils zersetzt werden; das Kohlendioxyd entweicht, die im Wasser fast unlöslichen Karbonate dagegen werden abgeschieden. Darum ist das Flußwasser weicher als das Quellwasser. Das Flußwasser führt auch kleine Trümmer von Mineralien (Ton, Glimmer, Quarz etc.), ferner Substanzen vegetabilischen und animalischen Ursprungs mit sich, welche durch den Regen hineingeschwemmt werden, endlich auch lebende Wesen. Der durch den Fluß mitgeführte Schlamm wird bei ruhiger Strömung abgesetzt, die organischen Bestandteile aber, besonders durch die oxydierende Wirkung der Luft, unter Mitwirkung von Kleinwesen, mineralisiert: Selbstreinigung der Flüsse.

In diesem Abschnitte sollen besonders die für die hygienische Beurteilung des Wassers maßgebenden Untersuchungsmethoden behandelt werden. Obwohl die meisten dieser Methoden sich mit jenen decken, welche man zur Prüfung des Wassers für technische Zwecke anwendet, so werden dennoch die einschlägigen, speziell geeigneten Verfahren im nächsten Kapitel nochmals hervorgehoben werden.

In natürliche Wässer können verschiedene Verunreinigungen gelangen. Die Kanäle der Ortschaften ergießen ihren Inhalt meist in Flüsse, aber auch das Wasser eines in der Nähe einer Senkgrube oder eines Stalles etc. befindlichen Brunnens kann bei ungenügender Bodenfiltra-

tion mehr oder weniger vom durchsickernden Harn und löslichen Fäkalstoffen verunreinigt werden. Abgesehen davon, daß ein solches Wasser als Trinkwasser ekelerregend ist, ist es auch oft direkt gesundheitsschädlich. Die Erfahrung hat nämlich gezeigt, daß ein solches Was- 5
ser von Kleinwesen wimmelt, unter denen auch Krankheitserreger vorkommen können. Häufig wird das Wasser auch durch verschiedene Industriebetriebe, besonders durch Fabrikabwässer, verunreinigt (siehe Abschnitt: Abwässer). Endlich ist nicht zu vergessen, daß das durch 10
Metallröhren geleitete Wasser metallhaltig werden kann.

Zur Beurteilung der Güte eines Wassers für Trinkwasserzwecke kann nur ausnahmsweise die physikalische und chemische Untersuchung genügen: die mikroskopische und bakteriologische Untersuchung ist heute kaum mehr 15
zu umgehen; außerdem ist auch die Lokalinspektion und geologische Untersuchung von besonderer Wichtigkeit, um auf die Reinheit oder auf die Verunreinigung des Wassers sicher schließen zu können (s. Beurteilung des Wassers S. 830). 20

Der Wert einer Wasseruntersuchung hängt in nicht geringem Grade von einer richtigen Probeentnahme ab, da durch Verwendung schlecht gereinigter Sammelgefäße, alter, schon zu anderen Zwecken verwendeter Korke, oder durch Hantieren mit unsauberen Händen 25
usw. dem Wasser ungemein leicht Verunreinigungen von außen zugeführt werden können. Als Sammelgefäße sind nur wohlgereinigte Glasflaschen aus durchsichtigem Material zu verwenden; am besten ist es, wenn sie mit eingeschliffenem Glasstöpsel versehen sind. Aus Pump- 30
brunnen darf die Wasserprobe immer erst nach längerem Pumpen entnommen werden; aus den Leitungsröhren

soll man im allgemeinen (wenn es sich nicht um den Nachweis von Blei handelt) auch erst eine Weile das Wasser ablaufen lassen. In offenen Wasserläufen geschieht das Füllen der Gefäße durch Eintauchen in das
5 zu untersuchende Wasser, wobei man sowohl die Oberfläche, die häufig durch Staub u. dgl. verunreinigt wird, als auch den schlammigen oder sandigen Untergrund zu vermeiden hat. In jedem Falle müssen die Sammelgefäße zuerst mit dem zu untersuchenden Wasser gründ-
10 lich gespült und dann erst definitiv aufgefüllt werden. Am besten ist es, wenn die Entnahme der Wasserprobe durch einen Sachverständigen geschieht. Zwei Liter genügen meist zur chemischen Untersuchung. Sollen die im Wasser gelösten Gase bestimmt werden, oder
15 wünscht man auch eine bakteriologische Untersuchung vorzunehmen, so müssen beim Entnehmen der Wasserproben besondere Regeln eingehalten werden (s. S. 814, resp. 816). Kann das Wasser nicht sogleich untersucht werden, so ist es an einem kühlen Orte (Keller, Eis-
20 schrank) aufzubewahren. Für den Transport der Wasserproben auf längere Entfernungen hat man eigens konstruierte Eiskästen.

PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG

Bei Trink- und Brauchwasseruntersuchungen kommen nur Temperatur, Klarheit, Farbe, Geruch und Geschmack
25 des Wassers in Betracht. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes, sowie auch die bei Mineralwasseruntersuchungen neuerdings übliche Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, des Gefrierpunktes und des daraus berechneten osmotischen Druckes werden in der
30 Regel nicht ausgeführt.

TEMPERATURBESTIMMUNG

Diese wird mit einem geprüften, in 1/10 Grade geteilten Quecksilberthermometer vorgenommen; gleichzeitig wird auch die Lufttemperatur notiert.

Kann man nicht direkt zum Wasser gelangen oder den Thermometerstand nicht ablesen, so wird ein größeres 5 Gefäß mit dem Wasser gefüllt und dessen Temperatur unverzüglich bestimmt. Je nachdem die Temperatur des Wassers oder die der Luft eine niedrigere ist, kann auch vorteilhaft ein Minimum- oder Maximum-Thermometer in Anwendung kommen. 10

KLARHEIT, FARBE, GERUCH UND GESCHMACK

Klarheit und Farbe des Wassers werden so bestimmt, daß man das Wasser in 20–30 cm hohe und ca. 4 cm breite Zylinder von farblosem Glase einfüllt und diese auf weißes Papier stellt. Zum Vergleiche hält man sich[3] absolut farbloses und klares Wasser bereit. Man beobachtet den 15 Farbenton und eventuelle Trübung der Flüssigkeit, indem man von oben in die Zylinder hineinsieht. Huminsubstanzen geben dem Wasser eine gelbliche oder gelblich-bräunliche Färbung, die auch bei längerem Stehen nicht verschwindet, während die von suspendierten Beimen- 20 gungen herrührenden Trübungen sich vollständig oder wenigstens teilweise durch Absetzen verlieren. Lehm verleiht dem Wasser eine gelbliche oder grünliche Farbe, an der Luft ausgefallenes Ferrihydroxyd eine rötlich-braune, Kalziumkarbonat eine weiße, Schwefelmetalle 25 (Schwefeleisen, Schwefelblei) eine schwarze. — Genaueres über Menge und Charakter der das Wasser trübenden Substanzen kann man auf mikroskopischem Wege,[4] ferner

durch Filtration und weitere Untersuchung des Rückstandes (Trocknen, Wägen, Veraschen) erfahren. Äußerst fein suspendierte Stoffe passieren freilich auch manchmal gute Filter. Überhaupt hat gewöhnlich der chemischen 5 Untersuchung des Wassers eine gründliche Filtration vorauszugehen, sobald dasselbe nicht ganz klar ist.

Um zu ermitteln, ob das Wasser riechende Substanzen enthält, erwärmt man es in einem großen, halbgefüllten Kolben auf 40–50° C. Besonders deutlich tritt ein all- 10 fälliger Geruch beim Umschwenken des Kolbens hervor.

Zur Geschmacksprüfung bringt man das Wasser auf eine Temperatur von 15–20° C. Verunreinigungen durch Eisensalze, Leuchtgas, Moder- und Fäulnisprodukte, eventuell auch größere Kochsalzmengen werden leicht 15 geschmeckt.

CHEMISCHE UNTERSUCHUNG

Die chemische Untersuchung des Wassers kann eine mehr oder weniger ausgedehnte sein. Oft reicht man, wenigstens für hygienische Zwecke, mit einer Bestimmung des Abdampfrückstandes, des Härtegrades, des Reduk- 20 tionsvermögens, des Chlors und des Proteid-Ammoniaks nebst qualitativer Prüfung auf Ammoniak, Schwefel- und salpetrige Säure aus. Nicht selten wird jedoch eine erschöpfende Analyse benötigt, und zuweilen kommt es wesentlich auf die Bestimmung einzelner Bestandteile 25 (Magnesia, Eisen, Blei usw.) an.

Bei Wasseranalysen ist es auch noch heutzutage üblich, das Ergebnis der Analyse in den der dualistischen Formel entsprechenden Komponenten der Salze auszudrücken; es wird also im Analysenbefund angegeben, wieviel das 30 Wasser an Kalk (CaO), an Magnesia (MgO), resp. an

Schwefelsäure (SO_3), Salpetersäure (N_2O_5) etc. enthält. Schon im Jahre 1864 schlug C. v. Than aus praktischen Gründen vor, das Ergebnis der Mineralwasseranalysen so auszudrücken, daß wir angeben, wieviel es an Calcium (Ca), an Magnesium (Mg), resp. an Schwefelsäurerest 5 (SO_4), Salpetersäurerest (NO_3) etc. enthält. Die neueren Untersuchungen über die Konstitution der Salzlösungen führten zu dem Ergebnisse, daß die Salze in verdünnten wäßrigen Lösungen großenteils in ihre Ionen dissoziiert vorhanden sind. Da die natürlichen Wässer ja eigentlich 10 nur sehr verdünnte Salzlösungen sind, so enthalten sie dieser Theorie entsprechend die gelösten Salze fast ausschließlich in Form von Ionen; ein natürliches Wasser enthält also Calcium-Ion ($Ca^{\cdot\cdot}$), Magnesium-Ion ($Mg^{\cdot\cdot}$), resp. Sulfat-Ion (SO_4''), Nitrat-Ion (NO_3') etc., so daß 15 die von v. Than schon früher vorgeschlagene Ausdrucksweise mit der Dissoziationstheorie im vollen Einklang steht. Es wäre demnach sehr wünschenswert, daß auch bei Trinkwasseranalysen das Ergebnis den v. Thanischen Prinzipien entsprechend ausgedrückt werden würde, da 20 wir in dieser Weise auch den modernen ionistischen Anschauungen gerecht werden. Vorläufig aber soll im großen Ganzen [5] hier noch die ältere Anschauung beibehalten werden, da sich die neueren Ergebnisse der physikalisch-chemischen Forschungen bei chemisch-tech- 25 nischen und hygienischen Untersuchungen noch nicht allgemein eingebürgert haben.

ABDAMPFRÜCKSTAND

Der Abdampfrückstand enthält alle im Wasser gelösten anorganischen und organischen Substanzen (mit Ausnahme derjenigen Verbindungen, welche sich schon bei 30

relativ niedriger Temperatur verflüchtigen). Zur Bestimmung desselben werden 250–1000 ccm Wasser in einer tarierten Platin- oder Glasschale auf dem Wasserbade vorsichtig verdampft. Um das Hineinfallen von Staubteilchen aus der Luft in das abzudampfende Wasser zu verhüten, befestigt man in geeigneter Entfernung über der Schale einen V. Meyerschen [6] Glastrichter. Nachdem alles Wasser zur Trockne gebracht ist, entfernt man die Schale vom Wasserbade, reinigt ihre Außenseite mit einem weichen, sauberen Tuche und bringt sie in einen Lufttrockenschrank, welcher auf einer Temperatur von 100° C. konstant erhalten werden kann. Nach dreistündigem Trocknen wird die Schale in einen Exsikkator gebracht und nach völligem Erkalten gewogen. Da das erste Wägen immer etwas längere Zeit in Anspruch nimmt und die im Abdampfrückstand enthaltenen Salze häufig Neigung haben, Wasser aus der Luft anzuziehen, so findet man hierbei das Gewicht nicht selten etwas zu hoch. Man trocknet deshalb nochmals und wägt wieder, fährt überhaupt mit dem Trocknen und Wägen so lange fort, bis Gewichtskonstanz eintritt. Der Abdampfrückstand gibt die Trockensubstanz in der zur Untersuchung genommenen Wassermenge, und man hat sie nur mit der entsprechenden Zahl zu multiplizieren, um das Gewicht des Abdampfrückstandes in 1 Liter Wasser zu erfahren.

Es ist im Interesse der Vergleichung verschiedener Analysen wichtig, daß im allgemeinen immer bei einer und derselben Temperatur getrocknet werde, da man, wie die Beobachtungen von Sell (Mitteilungen des K. Gesundheitsamtes, I, 1881) gezeigt haben, etwas andere Werte erhält, je nachdem man das Trocknen des Abdampfrückstandes bei 100°, 140° oder 180° vornimmt.

Der bei 100° getrocknete Rückstand enthält nämlich zuweilen noch erhebliche Mengen von Krystallwasser oder hygroskopischem Wasser, da verschiedene anorganische Salze (Gips, Bittersalz, namentlich aber Kalzium- und Magnesiumchlorid) ihr Krystallwasser erst bei 5 höheren Temperaturen vollständig abgeben, und amorph abgeschiedene, mineralische und organische Verbindungen bei 100° zuweilen noch hygroskopisches Wasser zurückhalten. Bei Gegenwart größerer Mengen der erwähnten Salze erhält man also ein genaueres Resultat, wenn man 10 beim Trocknen die Temperatur auf 140° oder noch besser auf 180° steigert. Allerdings erleiden manche in dem Abdampfrückstand vorhandene Stoffe bei diesen Temperaturen bereits eine teilweise Zersetzung.

Um sich über die Menge der im Wasser enthaltenen 15 organischen Substanzen zu orientieren, wird die Platinschale, in welcher sich der Abdampfrückstand befindet, mit freier Flamme stärker erhitzt. Ist das Wasser arm an organischen Substanzen, so färbt sich der Rückstand kaum gelblich; im entgegengesetzten Falle bräunt oder 20 schwärzt sich derselbe. Sind die organischen Substanzen mehr pflanzlichen Ursprungs, so wird bei deren [7] durch Hitze verursachten Zersetzung nur ein schwacher, wenig charakteristischer Geruch wahrnehmbar sein, sind aber stickstoffhaltige organische Substanzen in größerer Menge 25 vorhanden, so riecht der Rauch versengtem Horne ähnlich, usw., usw.

GEORG LUNGE: *Chemisch-technische Untersuchungsmethoden*, 5. Aufl.; Band 1, Seite 768.

XXVII. Boden

von Dr. E. Haselhoff, *Vorsteher der landwirtsch. Versuchsstation u. Privatdozent a. d. Kgl. Universität in Marburg*

Nach der Entstehungsweise, Beschaffenheit und landwirtschaftlichen Behandlung unterscheiden wir zwei Hauptarten von Böden, nämlich Mineral- und Moorböden; die ersteren zeichnen sich vorwiegend durch
5 einen hohen Gehalt an mineralischen Bestandteilen, die letzteren durch einen hohen Gehalt an organischen Stoffen aus.

Bei der großen Verschiedenheit dieser beiden Bodenarten in ihrer Zusammensetzung und Beschaffenheit ist
10 es erklärlich, daß auch die Art und Weise der Untersuchung eine verschiedene sein muß. Die Untersuchung der Mineralböden ist in neuerer Zeit wenig, diejenige der Moorböden dagegen besonders von der Moorversuchsstation Bremen [1] eifrigst gefördert worden. Die früheren
15 Untersuchungen beschäftigen sich fast ausschließlich mit Mineralböden. Auf Grund der von Liebig [2] ausgesprochenen Ansicht, daß die Pflanze ihre Nahrung aus der Atmosphäre und dem Boden entnehme und daß eine Vegetation nur dann auf einem Boden möglich sei, wenn
20 dieser die Aschenbestandteile der Pflanze enthalte, glaubte man aus dem durch die chemische Untersuchung festgestellten Gehalt an Pflanzennährstoffen Schlüsse auf die Fruchtbarkeit des Bodens ziehen zu können. Die Folge davon war, daß der chemischen Analyse des Bodens
25 besondere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Man sah jedoch bald ein, daß man den Wert der chemischen Untersuchung eines Bodens für die Beurteilung der Fruchtbarkeit desselben überschätzt hatte, daß neben dem Gehalt

an Pflanzennährstoffen auch noch andere Faktoren bei der Fruchtbarkeit des Bodens mitsprechen, und dieses führte zu der mechanischen und physikalischen Untersuchung der Böden. Immerhin kann uns aber die chemische Bodenanalyse, besonders in Verbindung mit dem Vegetationsversuche, wertvolle Anhaltspunkte für die Beurteilung eines Bodens geben.

Da die im Boden enthaltenen Pflanzennährstoffe sich in einem sehr verschiedenen Löslichkeitszustande befinden, so ist es einleuchtend, daß das Resultat der Analyse in hohem Grade abhängig sein muß von der Art des Lösungsmittels, welches man in Anwendung bringt. Ein gleichmäßiges Verfahren bei der Bodenanalyse ist daher zur Erlangung allgemein vergleichbarer Resultate unbedingt notwendig. Ich werde im Nachfolgenden die vom Verbande landwirtschaftlicher Versuchsstationen im Deutschen Reiche getroffenen Vereinbarungen zu Grunde legen. Ferner ist es selbstverständlich, daß die nachher angegebenen Untersuchungsmethoden nicht immer sämtlich Anwendung finden müssen; um hierfür einen Anhalt zu gewähren, will ich nachfolgend die Fragen, welche bei der Bodenuntersuchung vorzugsweise beachtet werden müssen, nach F. Wahnschaffe [3] kurz angeben:

1. Das gesamte Bodenprofil, soweit es für die Pflanzenernährung von Wichtigkeit ist (zumeist die Ackerkrume, der flachere und tiefere Untergrund), ist bei der Untersuchung zu berücksichtigen.

2. Alle drei Bodenschichten (die Ackerkrume stets, sofern sie nicht dem Moorboden entstammt) sind möglichst der mechanischen Analyse zu unterwerfen, da hierdurch Aufschluß über die physikalischen Eigenschaften und die mechanische Mengung des Bodens erhalten wird.

3. Für die Beurteilung des Untergrundes ist die Bestimmung des Gehaltes an kohlensaurem Kalk und an Ton von Wichtigkeit.

4. Sollten die Schichten des Untergrundes zu Meliorationszwecken verwertet werden, so sind sie auf die für das Pflanzenwachstum nützlichen und schädlichen Stoffe zu untersuchen; erstere sind vornehmlich kohlensaurer Kalk und Phosphorsäure, letztere schwefelsaures Eisenoxydul, freie Schwefelsäure und Schwefeleisen.

5. Bei allen chemischen und physikalischen Untersuchungen der Ackerkrume ist stets der bei 105° getrocknete Feinboden (unter 2 mm Durchmesser) anzuwenden und die Resultate sind darauf zu beziehen.

6. Was die Abscheidung der Bodenkonstituenten betrifft, so ist in dem bei 105° getrockneten Feinboden der Ackerkrume der Gehalt an Kalk, Ton, Humus und Sand festzustellen.

7. Die Bestimmung des Stickstoffs ist, abgesehen von den Moorböden, nur in der Ackerkrume auszuführen.

8. Für die Bestimmung der Pflanzennährstoffe ist der Auszug mit kochender konz. Salzsäure zu verwenden; es sind in erster Linie Kalk, Magnesia, Kali, Phosphorsäure und Schwefelsäure zu bestimmen; erst in zweiter Linie sind Kieselsäure, Tonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd und Natron zu berücksichtigen.

9. Zur Bestimmung der unmittelbar zur Verfügung stehenden Pflanzennährstoffe ermittelt man für Kali den in Kalkwasser löslichen Anteil daran und für Phosphorsäure diejenige Menge, welche in Zitronensäure oder Essigsäure löslich ist.

10. Die Bestimmung des Knopschen [4] Absorptionskoeffizienten erfolgt nur bei Oberkrumen.

11. Von den physikalischen Untersuchungen sind in erster Linie die Wasserkapazität (wenn möglich auf freiem Felde), die Kapillarität und Benetzungswärme zu berücksichtigen.

PROBENAHME

Die Aufnahme der Bodenproben geschieht je nach der Größe der Fläche (eine möglichst gleichmäßige Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt) an 3, 5, 9, 12 oder mehr verschiedenen, in gleicher Entfernung von einander gelegenen Stellen. Die Proben werden durch senkrechten, gleich tiefen Abstich bis zur Pflugtiefe genommen, für etwaige Untersuchung des Untergrundes bis zu 60 bezw. 90 cm Tiefe. Die Einzelproben werden entweder getrennt untersucht oder, wenn es sich um Feststellung eines Durchschnittswertes handelt, sorgfältig gemischt und von der Mischung ein geeignetes Quantum zur Untersuchung verwendet.

Bei der Probenahme bedient man sich zweckmäßig des Schnecken- oder amerikanischen Tellerbohrers.

Behufs vollständiger Untersuchung des Bodens müssen wenigstens 4–5 kg Boden zur Verfügung stehen, welche an der Luft oder in einem mäßig erwärmten Trockenschrank bei 30–40°, stets gegen Staub etc. sorgfältig geschützt, ausgetrocknet werden.

Bei der Probenahme sind zugleich sorgfältige Notizen zu sammeln über:

(*a*) den geognostischen Ursprung des Bodens,

(*b*) die Tiefe der Ackerkrume und über den Zustand des zunächst unter der Ackerkrume liegenden Untergrundes, sowie womöglich über die Beschaffenheit der tieferen Schichten,

(*c*) die klimatischen Verhältnisse, namentlich auch über die Lage des Feldes über dem Meeresspiegel,

(*d*) die Art der Bestellung und Fruchtfolge in den vorhergehenden Jahren,

5 (*e*) die Art und Menge der stattgehabten Düngung,

(*f*) die in den vorhergehenden Jahren wirklich erzielten Erträge und womöglich auch über die Durchschnittserträge des betreffenden Feldes bei dem Anbau der wichtigeren Kulturpflanzen,

10 (*g*) die Beurteilung des Bodens durch den praktischen Landwirt (Beschaffenheit, Ertragsfähigkeit etc.),

(*h*) Grundwasserstand, Neigung des Bodens etc.

Aus dem lufttrockenen Boden werden die größeren Steine und Steinchen gesammelt und von demselben 15 abgesiebt, mit Wasser abgespült und deren mineralogische Beschaffenheit, Gewicht und ungefähre Größe ermittelt.

CHEMISCHE UNTERSUCHUNG

Zur chemischen Untersuchung nimmt man den durch trockenes Absieben mittels des 2 mm-Siebes erhaltenen Feinboden und zwar in lufttrockener, nicht durch vor-20 heriges Erhitzen veränderter Form. Bei gewöhnlicher, möglichst rasch auszuführender Bodenanalyse wird Wassergehalt, Glühverlust, Stickstoff- und Humusgehalt bestimmt und außerdem das durch 3 Stunden langes Erwärmen des Bodens mit 10-prozentiger Salzsäure — 25 auf 1 Gewichtsteil Boden 2 Volumenteile 10-prozentiger Säure unter Berücksichtigung der Karbonate des Bodens — auf dem Wasserbade erhaltene Extrakt auf seine Bestandteile untersucht; letztere Untersuchung wird zumeist auf Kalk, Kali und Phosphorsäure beschränkt.

Um die chemische Konstitution eines Bodens besser beurteilen zu können, behandelt man den Boden sukzessive mit

(*a*) kohlensäurehaltigem Wasser,
(*b*) kalter konzentrierter Salzsäure, 5
(*c*) heißer konzentrierter Salzsäure,
(*d*) konzentrierter Schwefelsäure,
(*e*) Flußsäure.

(*a*) Behandlung des Bodens mit kohlensäurehaltigem Wasser. 1500 g Boden werden mit 6000 ccm des mit 10 Kohlensäure zu $\frac{1}{4}$ gesättigten Wassers in einer gut verschließbaren Flasche übergossen und durchgeschüttelt. Das kohlensäurehaltige Wasser erhält man in der Weise, daß man 1500 ccm destillierten Wassers bei gewöhnlicher Temperatur und mittlerem Luftdruck vollständig mit 15 Kohlensäure sättigt und darauf mit 4500 ccm Wasser verdünnt. Unter häufigem Umschütteln läßt man die Mischung 3 Tage lang stehen, läßt dann absetzen, gießt 2/3 der Flüssigkeit = 4000 ccm = 1000 g Boden möglichst klar ab und filtriert sie darauf durch ein doppeltes Filter 20 unter Bedecken des Trichters. Ein Teil des Filtrates wird in einer Platinschale zur Trockne verdampft, der Rückstand bei 125° getrocknet und gewogen. Man erfährt so die Gesamtmenge der in Lösung gegangenen Substanzen. Um auch die Menge der gelösten Mineral- 25 stoffe kennen zu lernen, glüht man den Rückstand gelinde unter wiederholter Behandlung mit kohlensaurem Ammoniak und wägt. Dieser Rückstand kann auch zur Bestimmung der einzelnen Bestandteile dienen.

(*b*) Behandlung des Bodens mit kalter konzentrierter 30 Salzsäure. 750 g Boden werden in einer mit Glasstöpsel

versehenen Flasche mit 1500 ccm 25-prozentiger Salzsäure übergossen und unter häufigem Umschütteln 48 Stunden bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Hierbei müssen die im Boden enthaltenen Karbonate berücksichtigt werden, d. h. man muß eine um so stärkere Salzsäure verwenden, je reicher der Boden an Karbonaten ist, so daß nach Sättigung der Karbonate auf 1 Gewichtsteil des lufttrockenen Bodens stets 2 Volumenteile 25-prozentiger Salzsäure einwirken.

Nach beendeter Einwirkung dekantiert man 1000 ccm = 500 g Boden ab, verdampft im Wasserbade unter Zusatz von wenigen ccm Salpetersäure — zur Oxydation des Eisenoxyduls und zur Zerstörung der organischen Substanz — zur Trockne, scheidet die Kieselsäure durch wiederholtes Befeuchten des Rückstandes mit Salzsäure und Trocknen bei 100–105° C. in bekannter Weise ab, löst den Rückstand in verdünnter Salzsäure, füllt mit der abgeschiedenen Kieselsäure zu 1000 ccm auf, filtriert durch ein Faltenfilter und bestimmt in dem Filtrat in drei Portionen 1. Eisenoxyd, Tonerde, Mangan, Kalk und Magnesia, 2. Schwefelsäure und Alkalien, 3. Phosphorsäure.

Die Bestimmung dieser Bestandteile erfolgt nach den bekannten Methoden. Man fällt Eisenoxyd und Tonerde durch Natriumazetat als basisch essigsaure Salze bezw. Phosphate, löst den Niederschlag in Schwefelsäure, teilt die Lösung in 2 Teile, fällt in der einen Hälfte $Fe_2O_3 + Al_2O_2 + P_2O_5$ und bestimmt in der anderen Hälfte das Eisen nach der Reduktion titrimetrisch mit Chamäleonlösung. Aus der Differenz des obigen Befundes an Eisenoxyd + Tonerde + Phosphorsäure und dem zuletzt gefundenen Eisen + Phosphorsäure, welche besonders zu

ermitteln ist, erhält man den Gehalt an Tonerde. Das Mangan wird zweckmäßig in dem essigsauren Filtrat durch Chlor als Superoxyd abgeschieden; letzteres wird in Salzsäure gelöst, die Lösung mit Wasser verdünnt, mit kohlensaurem Ammon übersättigt, das kohlensaure Man- 5
gan abfiltriert, durch Glühen in Manganoxyduloxyd übergeführt und als solches gewogen. Die von dem Mangansuperoxyd abfiltrierte Flüssigkeit erhitzt man bis zum Sieden, um das Chlor zu verjagen, neutralisiert dieselbe mit Ammoniak und fällt den Kalk mit oxalsaurem 10
Ammon, filtriert nach mehrstündigem Stehen, glüht den Niederschlag und wägt ihn als Kalziumoxyd. Das Filtrat von dem oxalsauren Kalk wird zur Fällung der Magnesia mit Ammoniak und phosphorsaurem Natrium versetzt, der Niederschlag nach 12-stündigem Stehen filtriert, ge- 15
glüht und als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen.

Die Schwefelsäure wird durch Zusatz von Chlorbaryum als Baryumsulfat gefällt und als solches gewogen. Das erhaltene Filtrat versetzt man unter Erwärmen mit Ammoniak und kohlensaurem Ammon, filtriert, wäscht 20
den Niederschlag mit heißem Wasser bis zum Verschwinden der Chlorreaktion aus und verdampft das Filtrat in einer großen Platinschale oder in einer glasierten Porzellanschale auf dem Wasserbade zur Trockne. Die trockenen Ammonsalze werden in letzterem Falle mittels 25
eines Platinspatels in eine kleinere Platinschale gebracht und über freier Flamme vorsichtig verjagt; nach dem Erkalten spült man die noch in der Porzellanschale verbliebenen Reste in die Platinschale, setzt Oxalsäure hinzu, verdampft auf dem Wasserbade und glüht vorsichtig. 30
Dabei gehen die oxalsauren Salze in Karbonate über und werden die Alkalien von den noch vorhandenen Resten

von Magnesia, Kalk, Baryt, Mangan, Tonerde etc. getrennt. Der Glührückstand wird mit heißem Wasser aufgenommen, filtriert und das Filtrat nach Ansäuren mit Salzsäure in einer gewogenen Platinschale zur Trockne
5 verdampft; der Rückstand wird schwach geglüht und als Gesamt-Chloralkalien gewogen. Darauf wird der Rückstand in Wasser gelöst, filtriert und das Filtrat mit Platinchlorid zur Trockne verdampft. Der Rückstand wird mit Alkohol aufgenommen, durch ein gewogenes Filter
10 filtriert und als Kaliumplatinchlorid gewogen. Die Differenz aus dem aus letzterem berechneten Chlorkalium und den Gesamtchloralkalien ergibt den Gehalt an Chlornatrium.

Zur Bestimmung der Phosphorsäure dampft man die
15 ursprüngliche Lösung mehrmals mit Salpetersäure ein, nimmt dann den Rückstand mit dieser Säure auf und fällt mit molybdänsaurem Ammon. Zur schnellen Bestimmung der Phosphorsäure kann man auch nach M. Märcker[5] in folgender Weise verfahren: 25 g Boden
20 werden mit 20 ccm rauchender Salpetersäure und 50 ccm konzentrierter Schwefelsäure ½ Stunde gekocht, die Lösung nach dem Erkalten auf 500 ccm gefüllt und hiervon 100 ccm zur Fällung verwendet. Letztere werden mit Ammoniak übersättigt, wieder schwach angesäuert, nach
25 dem Erkalten mit 50 ccm Märckerscher Zitratlösung — 1100 g reine Zitronensäure in 4000 g 24-prozentigen Ammoniaks gelöst und mit Wasser auf 10 l gefüllt — und 25 ccm Magnesiamixtur versetzt, ½ Stunde mittels Rührapparates umgerührt und erst nach 24–48-stündigem
30 Stehen abfiltriert.

(*c*) Behandlung des Bodens mit heißer konzentrierter Salzsäure. 150 g Boden werden in einem geräumigen

Glaskolben mit 300 ccm konzentrierter reiner Salzsäure von 1,15 spez. Gewicht übergossen, unter häufigem Umschütteln der ganzen Masse bis zum Kochen erhitzt, genau eine Stunde im Kochen erhalten und darauf nach Verdünnen mit Wasser und Auffüllen auf ein bestimmtes 5
Volumen filtriert. Das Filtrat wird wie unter (*b*) untersucht.

(*d*) Behandlung des Bodens mit konzentrierter Schwefelsäure. Der von (*c*) verbleibende Rückstand wird nach dem Trocknen an der Luft gewogen und hiervon dann 10
ein Teil zur Aufschließung mit Schwefelsäure verwendet. Zu dem Zwecke wird der Boden in einer Platinschale mit Schwefelsäure zu einem dünnen Brei angerührt und dann die Schwefelsäure in einem Sandbade oder auf einer Asbestplatte bei ganz kleiner Flamme verjagt; die 15
Operation wird 2–3-mal wiederholt. Der Rückstand wird mit Salzsäure im Wasserbade zur Trockne verdampft, darauf einige Zeit im Luftbade erwärmt, mit salzsäurehaltigem Wasser aufgenommen und filtriert. In dem Filtrat werden Tonerde, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia und 20
die Alkalien nach den oben unter (*b*) angegebenen Methoden bestimmt. Im Rückstande befinden sich Kieselsäure, Sand und Silikate; durch Kochen mit kohlensaurem Natron wird die aufgeschlossene Kieselsäure entfernt, so daß noch Quarzsand und Silikate verbleiben, welche nach 25
dem Trocknen und Einäschern des Filters gewogen und im Achatmörser fein zerrieben werden. Ein Teil dieses Rückstandes dient zur

(*e*) Behandlung mit Flußsäure. Man verwendet hierbei zweckmäßig die flüssige Flußsäure und verfährt dabei 30
wie folgt: Man bringt obigen Rückstand in eine Platinschale, feuchtet ihn mit Wasser an und übergießt mit

starker Flußsäure; die Schale wird unter Bedecken und öfterem Umrühren des Inhalts mit einem Platinspatel 2–3 Tage stehen gelassen, bis die Masse breiartig zergangen ist. Darauf wird zur Austreibung der gebildeten
5 Kieselfluorwasserstoffsäure unter Umrühren auf dem Wasserbade zur Trockne verdampft, der Rückstand mit konzentrierter Schwefelsäure befeuchtet und letztere durch Erhitzen der Schale verjagt. Der Rückstand wird mit salzsäurehaltigem Wasser aufgenommen und gekocht;
10 wenn sich nicht alles löst, wird filtriert und der Rückstand von neuem mit Flußsäure behandelt. In den vereinigten Filtraten werden Tonerde, Kalk, Magnesia, Kali und Natron nach den obigen Methoden bestimmt.

Georg Lunge: *Chemisch-technische Untersuchungsmethoden*, 5. Aufl.; Band 1, Seite 884.

XXVIII. Erinnerungen an Robert Bunsen

von Dr. Felix Kuh

Die Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten Robert
15 Bunsens ist soeben anläßlich der hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages in zahlreichen, längeren und kürzeren Aufsätzen gewürdigt worden. Man hat vor allem den genialen Erforscher der Spektralanalyse gefeiert, man hat daran erinnert, mit wie unermüdlichem Fleiß der große
20 Chemiker alle Hilfsmittel seiner Wissenschaft verbessert, wie er zahllose, uns heute unentbehrliche Apparate und Methoden erfunden hat, man hat der Vielseitigkeit gedacht, mit der sein spürender Geist fast das ganze Gebiet der chemischen und physikalischen Forschung umspannte.
25 Die Vulkane auf Island, die Lichtstrahlen entlegener Weltkörper, die Zusammensetzung der Moleküle, die Gase im

Hochofen, die Bestandteile der Atmosphäre, die Entstehung und Verwendung des elektrischen Stromes, wie weit ist dieses arbeitsreiche Leben von der Vorstellung entfernt, die man sich bisweilen von der Einseitigkeit und „Weltfremdheit“ eines Gelehrtendaseins zu machen 5 pflegt!

Über Beruf und Wissenschaft aber steht das Menschliche, wie überall, so insbesondere bei Robert Bunsen. Die Größe und Tragweite seiner Forschungen, sie braucht gewiß nicht vor einem Kreise von Fachleuten nochmals 10 erörtert zu werden. Dagegen bleibt es immer eine reizvolle und freundliche Aufgabe, sich des Lehrers, sich des Menschen zu erinnern, und so mag es[1] einem seiner Schüler, der noch das Glück genossen hat, — es sind nun bald drei Jahrzehnte darüber hingegangen, — im alten 15 Heidelberger Laboratorium von Robert Bunsen selbst in die Geheimnisse der chemischen Analyse und Synthese eingeführt zu werden, erlaubt sein, daß er einige unvergeßliche Bilder aus fröhlich-ernster Studentenzeit heraufbeschwört, Bilder, die anscheinend nur kleine, nebensäch- 20 liche Züge aufweisen, die aber doch vielleicht einen tiefen Einblick in ein wahrhaft großes, echt menschliches Dasein gestatten.

War es gestern, war es heute, niemals werde ich den Morgen vergessen, an dem ich, ein hoffnungsvoller Fuchs, 25 zum ersten Male der hohen, leicht übergebeugten Gestalt des Patriarchen unter den Chemikern gegenüberstand. Ich meldete mich bei Seiner Exzellenz, dem Wirklichen Geheimrat von Bunsen, dem weltberühmten Forscher und Entdecker, ich suchte ihn auf in seinem eigenen Reich, 30 in der Werkstatt, aus der so viele Wunder hervorgingen, und ich war, offen sei es eingestanden, im ersten Augen-

blick recht überrascht: Das damalige Heidelberger Laboratorium in der Akademiestraße war ein recht bescheidenes Bauwerk, nicht entfernt zu vergleichen mit den Prachtbauten und dem Komfort, an die der junge Student von
5 Berlin her gewöhnt war. Sparsamste Einfachheit, wohin man blickte, überall das Prinzip, mit den kleinsten Mitteln auszukommen, eine Kunst, die, nebenbei bemerkt,[2] manchem Chemiker, der späterhin in exotische Gegenden verschlagen wurde, die schönsten Früchte getragen hat. Nun
10 aber Bunsen selbst! Trug schon seine ganze Umgebung den Charakter äußerster Schlichtheit, so war er, der große Bunsen, bekanntlich die Verkörperung des Satzes, daß Wahrheit und Größe immer mit Einfachheit gepaart sind. Veri sigillum simplex![3] Niemals wieder habe ich
15 diesen Satz in gleichem Maße bestätigt gefunden, wie bei Bunsen und in Bunsens Reich. Von äußerem Prunk wußte seine Natur nichts, Titel und Orden waren ihm von Herzen gleichgültig. Ein Student, der Seine Exzellenz,[4] wie eigentlich recht und billig, mit diesem hohen
20 Titel anzureden wagte, konnte ziemlich bestimmt darauf rechnen, daß Bunsen ihm antwortete: Eurer Hochwohlgeboren,[5] die Sache verhält sich so und so. . . .

Bisweilen ist freilich solche äußere Einfachheit ebenfalls nichts anderes, als eine besondere Form eitler Koket-
25 terie, bei Bunsen aber entsprach sie ganz bestimmt einem innerlichen Wesenszug. Wie einfach, wie rührend bescheiden, wie treu in der kleinsten Kleinigkeit gab sich der Lehrer seinen Schülern! Kein Morgen verging, an dem nicht der große Bunsen, damals doch schon ein
30 Siebziger, bei den jüngsten Laboranten von Tisch zu Tisch ging und ihnen zeigte, daß man mit Chlornatrium und salpetersaurem Silber einen schönen, in Ammoniak

löslichen Niederschlag, oder mit Chlorbaryum und Schwefelsäure ebenfalls eine prachtvolle Fällung erhält, oder was dergleichen Naturwunder mehr sind. Und wenn es gar an die Flammenreaktionen ging, Bunsens eigentlichstes und liebstes Gebiet in der qualitativen Analyse! Wie konnte sich da der Forscher, der uns ganze Welten erschlossen hat, so natürlich und kindlich freuen, so oft nur eine Boraxperle, schön gefärbt, aus der Flamme, aus s e i n e r Bunsenflamme hervorging! Und das Sodastäbchen! Der kennt euch nicht, ihr chemischen Mächte, der nicht Robert Bunsen hat operieren sehen,[6] wie er mit einem gewöhnlichen Streichholz, das mit einem kleinen Sodakristall umschmolzen wurde, so ziemlich eine ganze Mineralanalyse aus dem Handgelenk zuwege brachte. Für ihn gab es keine „Tücke des Objekts“. Er stand im eigentlichen Sinne des Wortes mit der Materie auf du und du.[7] Phantasiereiche Gemüter erzählten ihrer schaudernden Zuhörerschaft, wie Bunsen gemächlich den Finger in die heißeste Stelle der Gasflamme gehalten habe, indem er dozierte: „An dieser Stelle, mein lieber Herr, müssen Sie oxydieren,“ und dann ging der Finger langsam an eine andere Stelle des Flammenkegels, „und hier, sehen Sie, muß man reduzieren; hier ist die Hitze um so und soviel hundert Grade geringer oder größer, als anderswo.“ Ein bißchen Mythenbildung war dabei, aber Tatsache ist es, daß Bunsens feuerfeste Hände mit Glasgefäßen und Platindeckeln manipulierten, die jeder andere Sterbliche nicht ungestraft berührt hätte. Ganz sicherlich hatte man beständig den Eindruck, daß jeder Tiegel, jedes Becherglas, jeder Mörser sich unter diesen wunderbaren Händen in ein beseeltes Wesen verwandelte, das jedem Wink des Meisters willig gehorchte. War es

das Alter, war es der gute Rotwein, den Bunsen gelegentlich nicht verschmähte: ein wenig Zipperlein steckte trotz allem in seinen Fingern. Was aber nicht im entferntesten hinderte, daß er bei der Gasanalyse ein schweres, mit Quecksilber gefülltes Eudiometer auf seinem Daumen mit einer Sicherheit balancierte, um die ihn mancher Taschenspieler beneidet hätte. Daß einmal ein unbotmäßiges Schießrohr zu unrechter Zeit explodierte und dem mutigen Forscher die Sehkraft des einen Auges geraubt hatte, das war gewiß nur die erste Auflehnung der Materie, die ihren Herrn noch nicht anerkennen wollte. Bunsen war damals, als dieser Unfall geschah, erst 25 Jahre alt. Späterhin haben solche heimtückischen Kobolde sich nicht mehr an ihn herangewagt, und mit welcher Kühnheit hat er sie bisweilen gereizt! Man muß gesehen haben, wie Bunsen in der Vorlesung mit Chlorstickstoff und ähnlichen gefahrdrohenden Substanzen umging, um sich ein Bild von der zauberhaften Herrschaft, die ihm über Kraft und Stoff zueigen war,[8] machen zu können. — Und mit goldenen Buchstaben steht in den Annalen der Naturgeschichte der Heldenmut verzeichnet, mit dem Bunsen seine Untersuchungen über das Kakodyl ausgeführt hat. Der Bruchteil eines Gramms dieser Substanz genügt bekanntlich, um durch den furchtbaren Geruch eine ganze Versammlung erprobter Chemiker spielend zu sprengen. Bunsen aber hat, so erzählte man noch bewundernd zu meiner Zeit, jahrelang und täglich mit großen Quantitäten dieses giftigen und gefährlichen Körpers gearbeitet.

„Morgen kommt Bunsen in seinem Kolleg auf die Spektralanalyse.“ Diese Nachricht, die man sich im Laboratorium und auf der Kneipe zuraunte, genügte, um

den Hörsaal, der übrigens auch sonst stets gut gefüllt war, bis auf den letzten Platz und alle Gänge zu besetzen. Kein Fechtboden, kein Frühschoppen, kein Exbummel nach Neckargemünd übertraf die Anziehungskraft dieses Ereignisses, sie erschienen alle, alle, die bei Bunsen belegt hatten und sonst wohl nur seltene Gäste[9] waren. Und dann kam der feierliche Moment, in dem der große Entdecker — notgedrungen, schien es — von seiner eigenen Entdeckung erzählte, und wie erzählte! Als handle es sich um die einigermaßen interessante, aber sonst weiter nicht belangreiche oder schon gar nicht bewundernswerte Tat eines völlig fremden Menschen! Der Name Kirchhoff, ja, der wurde erwähnt, aber von sich sprach Bunsen mit keiner Silbe. Von den Alkalimetallen ist die Rede. „Man kannte erst diese und diese, späterhin ergab sich eine Methode, durch die man die Reihe dieser Metalle noch um einige weitere Glieder vermehrte, und diese Methode, nun, das ist eben die Spektralanalyse, auf die man nun wohl oder übel[10] mit einigen Worten eingehen muß.“ Das Auditorium aber wußte, was es dem Meister schuldig war: in flammender Begeisterung brachte es an dieser Stelle jedesmal durch donnerndes Getrampel[11] dem bescheidenen Manne am Vorlesungstisch da vorn den Tribut seiner Verehrung dar. Und ein unendlich freundliches, aber abwehrendes, fast verschämtes Lächeln antwortete auf diese so reich verdiente Huldigung.

Vielleicht darf hier eingeschoben werden, daß Bunsen auch bei anderer Gelegenheit mit der Wahrheitsliebe des echten Gelehrten ängstlich darüber gewacht hat, daß nur ja sein Anteil an der Erforschung der spektroskopischen Erscheinungen seinem Mitarbeiter Kirchhoff gegenüber nicht überschätzt würde. Beinahe können wir hier

noch ein besonderes Jubiläum feiern, denn ein halbes Jahrhundert ist seit jener denkwürdigen Stunde verflossen, in der Bunsen und Kirchhoff in dem großen Barockgebäude in der Märzgasse zu Heidelberg, das den Namen „Der Riese“ trägt, ihren Beobachtungen oblagen. Ein Zufall führte auf die Wahrnehmung des Absorptionsspektrums, und nun wird erzählt, wie beide Forscher sich um die Erklärung des Phänomens bemüht haben. Bunsen legte sich nachdenklich auf ein Sofa, das im Beobachtungszimmer stand, und Kirchhoff ging aufgeregten Schrittes hin und her. Man sprach von diesen und jenen Dingen, unter anderem von einer Schauspielertruppe, die jüngst in der Stadt eingetroffen war; aber naturgemäß wollte die Unterhaltung nicht in Fluß kommen, denn immer wieder wandte sich die Aufmerksamkeit der noch unerklärlichen, an dem bescheidenen, kleinen Spektroskop gemachten Wahrnehmung zu. Nach einer geraumen Weile rief der eine von ihnen — war es Kirchhoff oder Bunsen? — erfreut aus: „Ich weiß, woran es liegt!“, sofort aber erwiderte der andere: „Noch einen Augenblick, auch mir schießt bereits die Erklärung durch den Kopf.“ Darauf tauschten beide ihre Meinungen aus, und es ergab sich, daß sie fast genau in demselben Moment das Richtige gefunden hatten.

Bunsen als Lehrer! Weder in meiner Schulzeit, noch auf der Universität bin ich jemals wieder auf ein Beispiel solcher Verehrung gestoßen, wie sie Bunsen bei seinen Schülern genoß. Zum Teil waren es zu meiner Zeit schon das ehrwürdige Alter und die Fülle geschichtlicher Erinnerungen, durch die uns unser Meister und Lehrer imponierte. Wenn Bunsen gelegentlich erzählte: „Mein Freund Avogadro“ usw., so stieg uns allen ein leiser

Schauer der Bewunderung auf. Stand nicht ein großes Kapitel der Geschichte unserer Wissenschaft leibhaftig und lebendig vor unseren Augen? Aber dieses Gefühl allein hätte doch schwerlich jene persönliche Hingabe zuwege gebracht, mit der wir uns alle an den großen Mann gefesselt fühlten. Noch erinnere ich mich deutlich, wie einer von den älteren Schülern — er ist heute wohlbestallter Professor an einer deutschen Hochschule — eine halbaufgerauchte Zigarre Bunsens ergattert hatte und diese als kostbares Erinnerungszeichen sorgfältig in ein Glasrohr einschmolz. Zu solcher fast sentimentalen Verehrung wäre es bei aller Größe und Bedeutung des Forschers nicht gekommen, wenn dieser nicht zugleich seinen Schülern gegenüber ein so außerordentlich liebenswürdiges Wesen an den Tag gelegt hätte. Schon war die Rede von der peinlichen Genauigkeit, mit der sich Bunsen auch des jüngsten Laboranten annahm, und wie gut verstand er es, das Interesse an der Sache zu wecken und durch einen freundlichen Scherz dem Anfänger über manche Schwierigkeit hinwegzuhelfen. Noch befindet sich in meinem Schubfach ein Uhrgläschen, in das Robert Bunsen höchst eigenhändig[12] zwei kleine Buchstaben hineingeätzt hat, um mir die Wirkung des Fluorwasserstoffs zu veranschaulichen. Zuerst aber hatte er mich schalkhaft gefragt, was wir denn für Buchstaben wählen wollten. Der Gedanke, etwa seine Initialen vorzuschlagen, war gänzlich ausgeschlossen; solches Byzantinertum wäre dem alten Herrn sicherlich ein Grund gewesen, meinen Arbeitsplatz sofort zu verlassen. Die Anfangsbuchstaben meines eigenen Namens zu wählen, verbot mir löbliche Bescheidenheit, und als ich demnach ein wenig zögerte, fragte mich Bunsen, ob es denn nicht

irgend einen Namen gäbe, den ich gern in Stein, Holz oder Glas einschneiden möchte, es könnte ja auch ein weiblicher sein. Und glücklicherweise kannte ich einen solchen, und Bunsen und ich zogen die beiden Buchstaben
5 auf das wachsüberzogene Gläschen, und das Gläschen brachte ich ihr, und wir beide heben es noch heute sorgsam auf! — Nicht gering ist die Zahl derjenigen jungen Studenten, die bei Bunsen nur beiläufig hören oder ein Semester im Laboratorium arbeiten wollten, die aber
10 durch die Macht seiner Persönlichkeit und die Anziehungskraft seines Vortrages für das dauernde Studium der Chemie gewonnen worden sind.

Mit den Anekdoten, die über Bunsens Lebensführung im Gange waren, könnte man Bände füllen. „Warum,
15 Exzellenz, benutzen Sie immer die dritte Klasse der Eisenbahnen?", worauf ganz harmlos die Antwort erfolgte: „Ja, eine vierte ist doch noch nicht vorhanden."* Ebenso gaben die berühmten Zigarren, deren Beschaffenheit das Geschmacks- und Geruchsorgan des großen
20 Chemikers beinahe ebenso unempfindlich erscheinen ließen, wie seine feuerfesten Hände, ferner sein etwas gespanntes Verhältnis zur Musik, seine Abneigung gegen rauschende Geselligkeit und ähnliche Züge der Fama reichlichen Stoff [13] zu allerhand teils wahren, teils ausge-
25 schmückten Geschichten. Überall aber erscheint uns Robert Bunsen als eine harmonische Persönlichkeit, in der sich tiefster wissenschaftlicher Ernst mit humorvoller Lebensweisheit, schlichtes Wesen mit wahrer Größe vereint hat!

* Die im Neckartal verkehrenden Züge führten wohl damals nur drei Wagenklassen.

Die Welt der Technik, Heft Nr. 9 vom 1. Mai 1911, Seite 162.

XXIX. Beziehungen zwischen Wissenschaft und Industrie in Deutschland und Amerika

von Fritz G. Marsteller, Ann Arbor, Michigan

Das Ende des Deutsch-Französischen Krieges im Jahre 1871 sah ein geeinigtes Deutschland. — Keine Begebenheit in der Geschichte Europas ist von größerer Bedeutsamkeit oder weiter reichenden Folgen gewesen, als die Vereinigung des deutschen Volkes zu einer nationalen 5 Politik an Stelle verschiedener und nicht selten feindlich gesinnter Programme.

Aber die politische Bedeutung ist nur einer der errungenen Erfolge gewesen. Nicht weniger bemerkbar und bedeutend ist der industrielle Fortschritt Deutschlands 10 seit seiner Einigung. Noch im Jahre 1870 stand nach dieser Richtung hin[1] Deutschland weit hinter England und Frankreich zurück. Heute steht das „Vereinigte Deutschland" in der Front der Nationen der Welt in Handel und Industrie[2] und leitet alle anderen Nationen 15 in der Anwendung der Wissenschaft auf Industrie und Kunst. Diese Stellung Deutschlands ist um so bemerkenswerter, weil sie sich in einem Lande vollzog, dessen Bodenkultur und mineralische Verhältnisse nicht mit den ungeheuren Naturschätzen Amerikas oder der Vereinigten 20 Staaten zu vergleichen sind. Außerdem hat Deutschland mit den Widerwärtigkeiten langer und kostspieliger Kriege, der Aufstellung einer großen Armee und der nicht zu unterschätzenden Auswanderung seiner Bevölkerung zu kämpfen gehabt. Keine Ausnutzung mäch- 25 tiger, jungfräulicher Naturschätze, noch weniger der Zuwachs von Millionen von Bürgern anderer Länder hat

Deutschland die Machtstellung gebracht, welche die Vereinigten Staaten von Amerika besitzen.

Die Gründe dieser großartigen Entwicklung Deutschlands sind verschieden; aber alle entspringen mehr oder
5 weniger aus der Erweckung des Geistes, welche durch die deutsche Einheit vollführt wurde. Einer der bedeutendsten Faktoren ist die systematische Entwicklung wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen und deren Anwendung auf die praktischen industriellen Probleme
10 der Nation. Vor einigen Jahren hörte ich einen bekannten deutschen Chemiker die Überlegenheit seines Landes in industrieller Beziehung in etwa folgenden Worten auseinandersetzen: „Vor vierzig Jahren", sagte er, „widmeten sich wissenschaftliche Männer der verschie-
15 denen Staaten fast gänzlich theoretischen Objekten. Diese wurden gewissenhaft beschrieben, langatmig auseinandergesetzt, ohne tatsächlich irgendeinen praktischen Wert zu haben. Ja, in einem gewissen Maße hatten die Forscher jener Tage eine förmliche Verachtung für irgend
20 etwas, was im Leben direkt anzuwenden war. Aber die hohe Entwicklung des Forschungsgeistes in den gesamten deutschen Universitäten bildete eine respektable Menge Forscher heran, welche hochausgebildete Untersucher waren." — Als ein vereinigtes Deutschland erstand, um
25 die Bemühungen eines Wilhelm I.[3] und die Arbeiten eines unvergeßlichen Bismarcks [4] zu krönen, da sahen die Männer der Wissenschaft ein, daß ihnen die großen industriellen Probleme anvertraut waren, welche gelöst werden mußten, um die Nation zu stärken und zu fördern. Wis-
30 senschaftliche Forschungen, welche bisher mehr einen theoretischen Charakter gehabt hatten, wurden ein wirksames Hilfsmittel industrieller Probleme der Nation.

Nicht länger bildeten jene „langatmigen Auseinandersetzungen“ das Ergebnis, sondern die ständige Entwicklung chemischer, mechanischer und elektrischer Gebiete bildete den Gegenstand einzigster wissenschaftlicher Tätigkeit und Forschung. Die bisherigen theoretischen 5 Feststellungen bildeten hinfort die finanzielle Grundlage des Vaterlandes. Die Forschungsgewohnheit — lange kultiviert an deutschen Universitäten — hatte ein Heer von Männern zur Forschung erzogen, welche sich den wahren Untersuchungsgeist angeeignet hatten. Als nun 10 jene Probleme industrieller Entwicklung begannen stark auf den Nationalgeist einzuwirken, verfügte das Land über einen Stab geschulter Männer, welche sich mit Begeisterung in diese Probleme vertieften.

Hier ist an erster Stelle das Königlich Preußische 15 Material-Prüfungsamt zu nennen, das zunächst in bescheidenen Anfängen neben der Berliner Technischen Hochschule bestand und später in einem neuen und prachtvollen Gebäudekomplex zu Groß-Lichterfelde bei Berlin untergebracht wurde. 20

Die Geschichte des Wachstums und der Ausdehnung dieses Etablissements ist in einem gewissen Grade die Geschichte deutscher Industriefortschritte.

Anfangs der siebziger Jahre wurden Anstrengungen gemacht, derartige Laboratorien einzurichten, welche sich 25 der Prüfung und Untersuchung der verschiedensten Materialien widmeten. Diese Experimente wurden in den mannigfachsten Instituten angefangen, so z. B. in verschiedenen technischen Hochschulen, in gewissen großen Fabrikanlagen, welche die Fabrikation von Baumate- 30 rialien betrieben. Diese Bemühungen erstreckten sich nach zwei Richtungen — der chemischen und der me-

chanischen. Letztere befaßten sich mit Versuchen über
die Festigkeit der Materialien, wie Eisen, Bausteine,
Zement, Backstein usw., erstere mit der chemischen und
metallurgischen Erforschung der Zusammensetzung von
5 Eisen und Stahl, ferner mit der Prüfung von Waren der
verschiedensten Art und endlich mit der Untersuchung
der chemischen Eigentümlichkeiten des Bodens. Diese
getrennten Laboratorien wurden endlich zusammengebracht
und organisiert durch eine für diesen Zweck
10 bestimmte Kommission unter dem Namen der „Mechanisch-Technischen
Versuchsanstalt". Im Jahre 1884
wurde dieses Forschungsinstitut nach einem bescheidenen
Gebäude der Technischen Hochschule zu Charlottenburg
verlegt, von welcher Periode seine große nationale Be-
15 deutung begann.

Das Institut verfolgt zweierlei: nämlich den Unterricht
der Studierenden und die Befruchtung der Praxis.
Den Anfang bildeten die mechanischen Metalluntersuchungen.
Mit der Zeit wurden neue Abteilungen zu
20 den alten zugefügt, wie solche für Papier, Öl, Zement,
Bausteine aller Arten usw. In derselben Weise aber
wurde auch die chemische Abteilung erweitert und vergrößert,
um den Anforderungen der verschiedensten
Handelsmaterialien und Substanzen Rechnung zu tragen,
25 wie Farben, Textilien, Baumaterialien, Metalle, Zemente
usw. Alle nur bekannten Hilfsmittel chemischer Technologie
wurden dort bereit gehalten, um zur Lösung irgendeines
praktischen Problems zu dienen. Ein Fabrikant,
der für ein Problem Interesse hat, dessen Lösung ihm
30 unmöglich ist, kann dieses gegen sehr bescheidene Vergütung
dem Institut übergeben. Der dadurch gewährte
Vorteil ist ein sehr bedeutender, da in dem Regierungs-

laboratorium nicht nur ein Stab hochgeschickter Forscher vorhanden ist, sondern auch alle zu dem Gegenstande gehörige Literatur zusammengestellt ist, welche jederzeit bereit steht. Hier ist alles einzusehen, was in dem betreffenden Zweige bekannt ist, einschließlich dessen, 5 was irgendwo anders schon als erfolglos verworfen wurde. Ein Berliner Papierfabrikant erzählte mir bei der Darstellung der Wohltaten jener Anlage folgende Geschichte: „Vor einigen Jahren wurden wir durch gewisse Umstände gezwungen, unsere Holzversorgung von einer neuen 10 Quelle zu beziehen. Das Holz stimmte aber durchaus nicht mit unseren Handelsbedingungen überein. Unser Geschäft fing an abwärts zu gehen und schien vollends aufhören zu wollen. Wir legten nun die Angelegenheit der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt, Abteilung 15 für Papieruntersuchung, vor. Nicht nur wurden die Beamten dieser Abteilung, sondern auch einige der erfahrensten Leute unserer Fabrik herangezogen, und das Resultat war, daß sich unser Geschäft nach etwa sechs Monaten zu heben begann und wir nach einem Jahre die 20 Aufgabe als gelöst betrachten konnten. Somit hatte sich unser Geschäft von einem verlierenden zu einem verdienenden gehoben, ein Erfolg, den wir jenem außerordentlich segensreichen Institut zu verdanken haben.“ Wenn ein Baumeister oder sonstige Person in Deutschland einen 25 Stein entdeckt, welcher für gewisse Zwecke wertvoll zu sein scheint, so kann er denselben genanntem Laboratorium einsenden, woselbst er eingehend geprüft wird.

Eine der interessantesten Maschinen ist eine riesige Gefriermaschine, durch welche große Steine zum Gefrie- 30 ren und Auftauen gebracht werden können. Sie werden hierbei in kürzester Zeit den denkbar ungünstigsten

Witterungsverhältnissen ausgesetzt, deren Folgen man andernfalls nur erst nach Jahren beobachten könnte.

Da ist es nun von großem Interesse, unsere amerikanischen Institute und Laboratorien mit denen Deutsch-
5 lands zu vergleichen. Wohl schwerlich vergeht ein Tag in Amerika, wo nicht an die Tür irgendeines wissenschaftlichen Institutes oder großen technischen Laboratoriums ein Erfinder oder Fabrikant klopft, um wichtigen Rat und Beistand einzuholen. Es wird ihm dann freundlich
10 gesagt, daß diese Laboratorien nicht für seine Zwecke errichtet sind. Wenn er dann hilflos fragt, wo er den Beistand eines Spezialisten finden kann, dann ist dieser gewöhnlich nicht erhältlich. Er muß dann eine geeignete Kraft engagieren und in seinen Betrieb einweihen, mit oft
15 nur mageren Resultaten. Mir scheint daher unbedingt nötig, daß wir in Amerika — dem größten Industrielande — öffentliche Anstalten haben müssen, welche speziell für den Zweck geschaffen sind, den Farmern, Fabrikanten, Baumeistern und vor allem den Erfindern den nötigen
20 Beistand zu leisten. Ich sage, hauptsächlich den Erfindern, weil die Erfindungen die Industrie schaffen und weil wohl in keinem anderen Lande der Welt so viel erfunden und ausprobiert wird, wie in den Vereinigten Staaten von Amerika. Die praktischsten, bedeutendsten und nütz-
25 lichsten Erfindungen sind großenteils in Amerika gemacht worden. Man denke nur z. B. an den Telegraphen, die Schreibmaschine, das elektrische Glühlicht, die Setzmaschine, den Phonographen, die Nähmaschine. Hätten jene Erfinder den nötigen Beistand gehabt, würden sie
30 und ihr Land noch erheblich größeren Erfolg gehabt haben. Wir müßten ebenfalls Regierungslaboratorien haben, um dem unwissenden Bewerber zu sagen, daß

sein Problem schon längst gelöst ist, und dem Manne mit aussichtsvollem Problem in jeder Beziehung zur Lösung desselben zu verhelfen. Ich sehe niemals einen dieser Leute vom Universitätslaboratorium fortgehen, ohne eine gewisse gekränkte Enttäuschung und ohne die feste Überzeugung zu haben, daß irgendeine Stelle vorhanden sein sollte, wo der nötige Beistand geleistet und nützliche Probleme in der modernsten Weise in Angriff genommen werden. Dies ist gerade das, was dem deutschen Erfinder, Farmer, Fabrikanten, Geschäftsmann seit Jahrzehnten geboten wird.

Für uns Amerikaner ist die Tatsache von größter Bedeutung, daß unter dem deutschen Regierungs-System die Wissenschaft in einer praktischen und erfolgreichen Weise in den Dienst der Industrie gestellt worden ist. Es ist hier für die Vereinigten Staaten von Amerika ein Vorbild gegeben, das wir — eine mächtige industrielle Nation — von den Deutschen übernehmen sollten. Wir müssen eine solche wirksame Einrichtung zur ständigen Hebung der Industrie nach deutschem Muster bei uns einführen! Schon sind Schritte in erfolgreicher Weise unternommen worden. So hat z. B. die Regierung in jedem Staate eine sogenannte „Station of Experimental Research" errichten lassen, welche jetzt der Hauptsache nach der Agrikultur, mechanischen Unterweisung und gewissen Experimenten gewidmet sind. Anderseits fangen große Fabrikanlagen an, für die Lösung eigener spezieller Probleme Versuchseinrichtungen zu installieren. „Westinghouse", „General-Electric", „Carnegie Steel Works" und die „Edison Co." betreiben schon seit vielen Jahren ein Laboratorium, welches für Versuche aller Art eingerichtet ist. Über dasjenige der „Edison Co." habe

ich in No. 13 der „Welt der Technik“ vom 1. Juli 1913 berichtet.

Es ist gewiß wahr, daß vieles, was an Universitäten oft unter dem Namen „Forschung“ geht, durchaus keine
5 Forschung ist. Die Verwandtschaft zwischen Lehren und Forschen ist bis zu einer gewissen Grenze, eine außerordentlich intime, aber die bloße Wiederholung dessen, was vom Vorhergehenden bereits Jahr für Jahr durchgenommen wurde, ist durchaus keine Forschung. Viele Insti-
10 tute und Schulen bearbeiten hochgelehrten Stoff, der für das praktische Leben eines normalen Menschen nie Anwendung findet, die dafür verwendete Zeit ist im gewissen Sinne vergeudet. Der wahre Forschungsgeist wird nur allzu oft als zweiter Ordnung betrachtet. Ein Labora-
15 torium mit einem überarbeiteten Gelehrten als Leiter und unzeitgemäßen Assistenten ist nicht gerade die Atmosphäre, in der Forscher gedeihen, die sich der Lösung großer technischer Probleme widmen könnten. Wie bekannt, sind die Handelsbeziehungen Deutschlands
20 zu Amerika ganz außerordentlich große. Der Konkurrenzkampf der beiden großen Weltmächte ist etwas, was die Geschichte der Industrieentwicklung der Welt in einem solchen Maße nie gekannt hat.

Wie zwei lautlose, aber klar denkende Kämpfer sucht
25 die eine Nation die andere vom Ehrenplatze der Weltindustrie zu verdrängen! Ein interessantes Ringen! Wer wird gewinnen?

Die Welt der Technik, Heft Nr. 11 vom 1. Juni 1914, Seite 208.

XXX. Über Färberei

Nach einem am 2. Februar 1911 in der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin gehaltenen Experimentalvortrag des Herrn Ingenieur Chemikers PAUL STRAUMER-BARKHAUSEN

Carneval! Der italienische Ruf: „Carne vale!", der da bedeutet: „Fleisch, leb' wohl!" und zwar nicht im Zusammenhang mit der Fleischteuerung, bildet das Leitmotiv der gegenwärtigen Tage. Denn Lebenslust und bunt, Freude und Farbe gehören zusammen. Der mo- 5 derne Mensch freut sich der Stunden, wo er einmal das farblose Gewand der Korrektheit mit dem bunten Narrenkleide vertauschen kann, das durch seine Farben schon kündet: „Ich bin fröhlich! Willst du mit mir fröhlich sein?" Der Mensch, der nur die Außenseite 10 der Dinge ansieht, läßt sich nicht zweimal fragen und stürzt sich mitten in den Strudel. Dem Polytechniker aber gibt dies Auftreten der Farben mitten im kalten Winter, die Anregung, sich einmal mit der Kunst zu beschäftigen, der diese Farbenpracht zu verdanken ist, 15 mit der Kunst des Färbens oder der Färberei.

Unter Färberei im engeren, technischen Sinne ist nun nicht die Kunst zu verstehen, allem und jedem[1] Farbe zu geben, dann wäre z. B. Hausanmalen auch Färberei, sondern die Kunst, eine Gespinst- oder Gewebefaser 20 möglichst gleichmäßig und dauernd mit Farbe zu versehen; Gespinstfasern entweder als lose Faser, Kardenband, Kette, Kammzug und ähnliches, oder gesponnen als Garn, Cops, Kreuzspule und dergleichen; Gewebefasern als Stück. 25

Wären alle diese genannten und gezeigten Erscheinungsformen nur Variationen eines und desselben Mate-

rials, dann wäre die Kunst des Färbens verhältnismäßig einfach, bliebe doch das Chemische der Färberei für alle Arten gleich, und nur das Mechanische der Färberei würde sich ändern. So leicht wird es aber dem Färber
5 nicht gemacht. Der Mensch kleidet sich nicht in Baumwolle allein. Er gibt sich nicht zufrieden mit dem Produkt der Pflanze, der Pflanzenfaser (wie Baumwolle, Jute, Ramie, Kunstseide, Leinen u. a.), er holt seine Schmuck- und Bekleidungsstoffe auch aus dem Tierreich, verwendet
10 tierische Fasern, wie Wolle und Seide. Tierische und pflanzliche Faser verhalten sich chemisch und somit auch färberisch ganz entgegengesetzt. Farbstoffe, die leicht Wolle oder Seide anfärben, wollen von Baumwolle nichts wissen und umgekehrt. Dies hat seinen Grund in der
15 chemischen Zusammensetzung der Fasern. Sind Wolle und Seide eiweißähnliche Gebilde, die die Rolle von Basen und Säuren gleichzeitig spielen können, so bestehen die Pflanzenfasern alle aus Zellulose, einem mehr indifferenten Körper. Dieser Unterschied tritt deutlich hervor
20 beim Behandeln der Fasern mit heißer Natronlauge: Wolle löst sich, Baumwolle nicht. Säuren dagegen greifen Wolle nicht an, zerstören aber Baumwolle. Der chemische Charakter der Fasern ist in dieser, wie in färberischer Beziehung die Ursache verschiedenen Verhaltens.
25 Dies gibt einen Fingerzeig für die Beantwortung der Kardinalfragen: „Woher kommt es überhaupt, daß die Farbstoffe auf die Fasern aufziehen? Ist das Färben ein einfaches Niederschlagen des Farbstoffes auf die Faser, oder ein chemisches Verbinden mit ihr?“ Diese Fragen
30 haben die Gemüter der Forscher lange erhitzt. Behaupteten die einen strikte: „Das Färben ist ein rein chemischer Prozeß“, so stellten die andern nicht weniger

entschieden den Satz auf: „Das Färben ist ein rein mechanischer Vorgang!" Wie immer bei solchen Streitereien, die unfruchtbar sind, weil keine einheitliche Theorie aufzustellen ist, liegt auch hier die Wahrheit in der Mitte. Hauptsächlich sind chemische Vorgänge maßgebend, die aber von physikalischen Verhältnissen, wie Flächenanziehung, Temperatur, Löslichkeit, Osmosität, Massenwirkung und ähnlichem mehr oder weniger beeinflußt werden. Chemische und physikalische Energiefaktoren treten neben- und miteinander in die Erscheinung und beiden ist gleiche Aufmerksamkeit zu widmen. Für beide entgegengesetzte Meinungen und für die Ansicht, daß sowohl chemische, wie physikalische Kräfte wirken, gibt es gute Gründe, die sich durch Versuche belegen lassen.

Von einer chemischen Verbindung wird im Gegensatze zu einem bloß mechanischen Gemenge dann gesprochen, wenn der entstandene Körper andere Eigenschaften zeigt als seine Bestandteile und sich nicht auf rein mechanische Weise wieder zerlegen läßt. Gewisse Tatsachen sprechen dafür, daß die Verbindungen der Farbstoffe mit der Faser nichts anderes sind, als salzartige Verbindungen, in denen die Faser, ihrer eingangs erwähnten Doppelnatur zufolge,[2] entweder, je nach der Art des Farbstoffes, die Rolle einer Säure oder einer Base spielt. Der lehrreichste Versuch hierfür ist der mit Rosanilin, einem basischen Farbstoff, der als freie Base ungefärbt, in Form seiner Salze tiefrot ist. Taucht man in farblose Rosanilinlösung einen Wollfaden, so wird dieser tiefrot gefärbt. Darin liegt der Beweis, daß zwischen Wolle und Farbe eine salzartige Verbindung aufgetreten ist. Die Faser, besonders die tierische Faser und vor allem die Faser der

Seide, hat sogar die Fähigkeit, Farbstoffsalze zu zerlegen. Tauche ich in eine Lösung von Methylgrün gleichzeitig Wollfaser und Seidenfaser ein, so wird nur die Seide gefärbt. Daß eine chemische Verbindung zustande
5 gekommen ist, ergibt sich aus dem schon genannten Grundsatz der Chemie, nach dem man von chemischen Verbindungen immer dann spricht, wenn neue Eigenschaften bei der Vereinigung von Körpern auftreten. Zeigen sich nun neue Eigenschaften bei dem Verbinden von Farbstoff
10 mit Farbe? Diese Frage ist mit Ja zu beantworten. Der Farbstoff ist löslich z. B. in Wasser; nach der Vereinigung mit der Faser ist er es nicht mehr, es ist eine neue Eigenschaft aufgetreten. Oft haben auch die Farbstoffe eine andere Farbe als die gefärbte Faser. Das Auftre-
15 ten einer andern Farbe bedeutet Erscheinen einer neuen Eigenschaft.

Schwieriger als das Färben mit Seiden- und Wollfarbstoffen ist die Eigenschaft der sogenannten substantiven Baumwollfarbstoffe zu erklären, die Baumwolle ohne
20 weiteres anfärben. Dieses Manko rührt daher, daß wir über die chemische Natur der Zellulose noch recht wenig wissen. Substantive oder direkte Farbstoffe werden solche Farbstoffe genannt, die eine Faser ohne weiteres anfärben. Ein substantiver Seidenfarbstoff ist hiernach
25 ein Farbstoff, der Seide direkt anfärbt, z. B. Seiden-Scharlach und Methylgrün. Ein substantiver Seidenfarbstoff braucht darum noch lange kein substantiver Woll- oder Baumwollfarbstoff zu sein, das Methylgrün färbt wohl Seide, nicht aber Wolle an. Das Halbwoll-
30 schwarz von Friedrich Bayer & Co. ist ein Beispiel für einen Farbstoff, der Baumwolle sehr leicht, nicht aber Wolle und Seide anfärbt. Saure Farbstoffe sind solche,

deren färberisch wirksamer Bestandteil den Charakter einer Säure besitzt, z. B. Helianthin-Dimethylamidoazobenzolsulfosaures Natrium.[3] Basische Farbstoffe werden entsprechend solche genannt, deren wichtiger Bestandteil basischen Charakter hat, z. B. Malachitgrün-Tetramethyldiamidotriphenylmethanchlorzinkhydrat.[4]

Das Gegenteil eines Substantivums, eines Hauptwortes, ist das Adjektivum oder die Beifügung, die nicht allein stehen kann, sondern sich an ein Substantivum anlehnen muß. Das Gegenstück zu den substantiven Farbstoffen bilden dementsprechend die adjektiven Farbstoffe, die zu ihrer Vereinigung mit der Faser einer Hilfe bedürfen. Diese Hilfen sind die Beizen, die eine große Hilfe für die Färberei sind. Ohne sie könnte z. B. mit den wichtigen Alizarinfarbstoffen überhaupt nicht gefärbt werden. Ja, die Baumwolle hätte ohne die substantiven Baumwollfarbstoffe nur recht eintönig gefärbt werden können. Bis zum Jahre 1884 hatte man für Baumwolle außer Curcuma, Safflor und Orléan überhaupt keine substantiven Farbstoffe. Als sie auftraten, wirkten sie so imponierend, daß man seither unter „substantiven Farbstoffen" schlechtweg substantive Baumwollfarbstoffe versteht. Die meisten Naturfarbstoffe sind Beizenfarbstoffe, und ohne die Beizen wäre die Färberei bis zur Einführung der künstlichen Farbstoffe überhaupt kaum möglich gewesen.

Worin besteht nun das Beizen? Das Wort „Beizen", für das zuweilen das Wort „Mordant" gebraucht wird, hängt zusammen mit dem Worte „Beißen". Man dachte sich früher, daß die Beizen die Fasern gleichsam anreizen, anbeißen, so daß sie dann Neigung haben, mit dem Farbstoff sich zu verbinden. Man hat jetzt eine andere Auffassung. Man sagt: Die Faser verbindet sich mit

der Beize, und die Beize verbindet sich nun wieder mit dem Farbstoff. Daß eine Verbindung von Faser und Beize auftritt, zeigt ein Versuch: eine Auflösung von Kupfervitriol in Wasser ist blau gefärbt. Taucht man Wolle hinein, so müßte die Wolle, träte keine Verbindung ein, blau gefärbt werden; sie wird aber zeisiggrün gefärbt. Das Auftreten einer neuen Eigenschaft, nämlich einer neuen Farbe, zeigt, daß eine chemische Verbindung eingetreten ist. Als Beizen werden die Salze mehrwertiger Metalle, besonders von Kupfer, Chrom, Aluminium, Antimon, Zinn, Eisen u. a. m. angewandt. Zum weiteren Befestigen der Beizen dienen Tannin, (Sumach), Weinsäure und ähnliche organische Säuren.

Heutzutage kann der Färber, allerdings mehr oder weniger echt, so ziemlich jede gewünschte Nuance herstellen. Schon die von mir ausgestellten Muster beweisen dies. Noch vor 60 Jahren waren die Färber mit wenig Ausnahmen auf die Farbstoffe angewiesen, die die Natur lieferte, auf die natürlichen Farbstoffe, wie Indigo, Blauholz, Gelbholz, Rothölzer, Krapp, Querzitron, Orseille, Katechu, Cochenille und wie sie alle heißen. Einer der wichtigsten Farbstoffe ist der Indigo, der erst in den letzten 12 Jahren im Großen künstlich hergestellt wird; bis dahin wurde nur der natürliche Indigo angewandt. Zwar hatte schon im Jahre 1869 Bayer[5] in München zum ersten Male Indigo künstlich hergestellt, aber nur im Laboratorium und ein Laboratoriumsversuch ist noch lange kein brauchbares Verfahren für die Praxis. Jahrzehnte raffiniertester wissenschaftlichchemischer Arbeit hat es erfordert eine praktische, rationelle Herstellung zu ermöglichen. Der Indigo hat sehr schöne Eigenschaften, wenn er auf der Faser sitzt. Nur ist es schwierig, ihn

darauf zu bringen, weil er die fatale Eigenschaft hat, in keiner in der Färberei verwendbaren Flüssigkeit löslich zu sein. Die Natur hat selbst den Weg gewiesen, wie der Indigo zur Lösung gebracht werden kann. Werfen wir einen kurzen Blick auf das natürliche Vorkommen 5 des Indigos. Der Indigo findet sich gelöst in den Zellen gewisser Pflanzen, z. B. der Indigopflanze (Indigofera tinctoria), die besonders in Indien angebaut wurde und, wie wir sehen werden, in verringertem Maßstabe noch wird. Wird der Saft dieser Pflanze in alkalischer Lösung 10 zur Vergärung gebracht und diese Lösung nach der Gärung durch „Schlagen" mit Luft in Berührung gebracht, so fällt blauer Indigo aus. Wenn es also gelingt, den Indigo in diese alkali-lösliche Form überzuführen, kann man ihn mit der Faser verbinden, indem man die 15 Faser mit der Lösung tränkt und durch Berührung mit Luft Indigo auf der Faser niederschlägt. Der Indigo wird löslich, wenn man ihm 2 Atome Wasserstoff hinzufügt. Hinzufügen von Wasserstoff geschieht durch Reduktion. In der Praxis der Indigofärberei werden sehr 20 verschiedene Reduktionsmittel angewandt, wie z. B. Eisenvitriol, Zuckerstoffe und mancherlei andere mehr. Eines der am bequemsten anzuwendenden Reduktionsmittel ist das Natriumhydrosulfit, das nach seinem Entdecker auch „Schützenbergersches[6] Salz" genannt wird. 25 Bringt man nun in alkalisch gemachter Flüssigkeit Indigo mit Natriumhydrosulfit zusammen, so werden dem Indigo 2 Atome Wasserstoff hinzugefügt und der unlösliche blaue Indigo geht in das farblose, aber lösliche Indigweiß über. Taucht man in diese Indigweißlösung 30 eine Faser, so saugt die Faser Lösung auf. Sie ist zunächst ungefärbt. An der Luft wird sie blau. Die

Erklärung dafür ist die, daß der Sauerstoff der Luft die zwei zugefügten Wasserstoffatome zu Wasser oxydiert und dadurch wieder blauer, unlöslicher Indigo entsteht. (Dem freundlichen Entgegenkommen der „Allgemeinen
5 Elektrizitäts-Gesellschaft", die einen ihrer vorzüglich funktionierenden Heißlufttrockenventilatoren zur Verfügung gestellt hatte, war es zu danken, daß der Prozeß der Indigofärbung während des Vortrages vorgeführt werden konnte.) Der Indigo ist aus der Lösung, die die
10 Zellen der Faser aufgesogen hatte, in unlöslicher Form wieder ausgefällt worden. Er liegt in unendlich feiner Verteilung in den Hohlräumen der Faser und ist nicht chemisch mit der Faser verbunden, sondern hat sie als Pigment gefärbt.

15 Der Indigo ist ein Pigmentfarbstoff. Pigmentfarbstoffe nennt man solche, die sich nicht mit der Faser verbinden, sondern in der Substanz die Färbung erzeugen. Indigo wird in sogenannten Küpen gefärbt. Für Indigo-Färberei konnten nicht ohne weiteres die gewöhn-
20 lichen Färbegefäße gebraucht werden, da Reduktionsmittel Niederschläge gaben; zur Indigofärberei gehören hohe Gefäße, die tonnenartige Form haben. Das Wort „Kupe" kommt vom lateinischen „cupa", die Tonne, und von dem Gefäß hat sich der Name auf die Farbstoffe übertragen.
25 Der Indigo ist somit ein Küpenfarbstoff. Das Verfahren der Küpenfärberei ist schon sehr lange bekannt, und es ist merkwürdig, daß die echtesten Farbstoffe, die es jetzt gibt, die Algolfarbstoffe der Firma Friedr. Bayer & Co. und die Indanthrenfarbstoffe der Badischen
30 Anilin- und Sodafabrik [7] Küpenfarbstoffe sind, daß die Industrie des Echtfärbens das älteste Echtfärbeverfahren anwendet.

Prachtvolle Ausfärbungen von „Algol“- und „Indanthren“-Farbstoffen zeigt die Ausstellung. Den Küpenfarbstoffen in mancher Beziehung sehr ähnlich sind die Schwefelfarbstoffe, die wegen ihrer hervorragenden Wasch- und Lichtechtheit eine große Rolle in der Baumwollfärberei spielen. Die Ausstellung zeigt in Substanz und Ausfärbungen Schwefelfarbstoffe, besonders auch die sehr guten Immedialfarbstoffe der Firma Leopold Casella & Co. Schwefelfarbstoffe haben ihren Namen davon, daß sie durch Zusammenschmelzen von Schwefel oder von viel Schwefel enthaltenden Stoffen mit verschiedenen Stoffen erhalten werden. Die meisten Schwefelfarbstoffe sind in Wasser nicht löslich, sondern löslich erst in einer Auflösung von Schwefelnatrium in Wasser. Viele von ihnen werden nach der Methode der Küpenfarbstoffe gefärbt, d. h. also: die Faser wird mit der Lösung des Farbstoffes in Schwefelnatriumlösung getränkt. An der Luft entsteht dann die eigentliche Farbe. Andere Schwefelfarbstoffe werden wie substantive Baumwollfarbstoffe gefärbt. Das sind diejenigen, die sich in Schwefelnatriumlösung wie substantive Baumwollfarbstoffe verhalten, d. h. direkt auf die Faser ziehen.

In der Färberei, besonders in der Baumwollfärberei, wird viel mit Farbstoffen gearbeitet, die gar nicht fertig in die Färberei hineinkommen, sondern die erst auf der Faser gebildet, entwickelt werden. Der Prozeß der Farbstoffentwicklung läuft darauf hinaus, Farbstoffe aufzubauen, die zwei direkt miteinander gebundene Stickstoffatome enthalten. Der Prozeß der Erzeugung eines so gebauten Stickstoffkomplexes heißt Diazotierung. Das Wort kommt vom griechischen Di = zwei und dem Wort azot = Stickstoff; daher heißen diese Farbstoffe auch

Diazotierungsfarbstoffe. Die Farbstoffe, die einen so gebauten Stickstoffkomplex enthalten, sind nicht sehr beständig. Beständig werden sie erst gemacht durch Kuppeln mit Körpern der Klassen Phenole, Amine u. a. 5 Wird eine Faser mit einer Auflösung von gelbem Blutlaugensalz in Wasser getränkt, so ist sie so gut wie ungefärbt. Wird sie darauf in eine ebenfalls kaum gefärbte Auflösung von Eisenchlorid getaucht, so wird die Faser blau gefärbt. Der Farbstoff, das Berliner Blau, hat sich 10 erst auf der Faser gebildet. Wird nun zu einer stark salzsauren Lösung von Paranitranilin salpetrigsaures Natron, Natriumnitrit genannt, gegeben, so wird der Prozeß der Diazotierung ausgeführt, d. h. ein Körper aufgebaut, der zwei direkt aneinander gebundene Stick-15 stoffatome enthält. Er ist gelöst. Wird nun in diese Lösung eine Baumwollfaser getaucht, die vorher mit der Lösung eines Phenoles, in diesem Falle Beta-Napthol, getränkt ist, so tritt die Kupplung ein und der Farbstoff entwickelt ein kräftiges Rot, das Paranitranilinrot ist 20 entstanden. Die Entwicklungsfarbstoffe sind recht waschecht. Ihre Lichtechtheit ist jedoch nicht allzu gut. Durch Nachbehandeln der gefärbten Fasern mit Kupfer, Chrom und andern ähnlichen Salzen kann sie aber gebessert werden.

25 Ein außerordentlich wichtiger Entwicklungsfarbstoff ist das Anilinschwarz. Es entsteht durch einen ziemlich verwickelten Oxydationsprozeß von Anilin. Schwarz spielt eine große Rolle, denn seit etwa 1840 ist es die Lieblingsfarbe der gebildeten Nationen geworden.

30 Damit haben wir alle Farbstoffklassen, freilich aber nicht alle Farbstoffindividuen kennen gelernt. In eine kleine Anzahl von Gruppen, die wir kennen gelernt haben,

lassen sich alle Farbstoffindividuen einreihen: *die direkt färbenden, nämlich die sauren, die basischen und die sogenannten substantiven Farbstoffe, ferner die Beizenfarbstoffe, die Küpenfarbstoffe, die Schwefelfarbstoffe und die Entwicklungsfarbstoffe.*

Bisher haben wir betrachtet, wie sich die Farben den Fasern gegenüber verhalten, jetzt wollen wir den entgegengesetzten Standpunkt einnehmen und die Farbstoffe von den Fasern aus betrachten. Ersteres ist der Standpunkt der Farbenfabriken, sie stellen die Farben her und suchen Fasern, auf die sich die Farbstoffe anwenden lassen. Das andere ist der Standpunkt des Färbers; dieser bekommt die Faser und muß die Farbstoffe suchen oder kennen, die zu verwenden sind.

Wie schon gesagt, sind Wolle und Seide tierische Gebilde eiweißähnlicher Struktur, die sich gleichzeitig wie Säuren und Basen verhalten. Der physikalischen Struktur nach sind die Wollen mehr rauhe, die Seiden glatte Gebilde. Wollen verfilzen leicht, worauf beim Färben sehr Rücksicht zu nehmen ist und wovon anderseits in der Filzfabrikation Gebrauch gemacht wird. Viele Farbstoffe ziehen gern auf Wolle und Seide auf. Auf Seide noch lieber, wie auf Wolle, weil die saure Natur der Seide stärker ist als die der Wolle. Das Methylgrün ist ein sehr treffendes Beispiel dafür. Auf Wolle und Seide werden die basischen und sauren Farbstoffe am meisten, in geringerem Maße die substantiven Farbstoffe angewandt. Basische Farbstoffe werden dabei meist im neutralen Bade ohne jeden Zusatz gefärbt, höchstens wird etwas Essigsäure zugegeben, um den Kalkgehalt des

Wassers zu paralysieren. Das Färben mit sauren Farbstoffen geschieht entweder im sauren „gebrochenen“ Bastseifenbade oder nur in reinem, angesäuertem Wasser. Bastseife entsteht, wenn Rohseide in Lösung von Mar-
5 sciller Seife [8] gekocht wird dadurch, daß der Bast der Seide gelöst wird. Der eigentliche Seidenfaden bleibt und ist die entbastete oder abgekochte Seide. Die Ausstellung zeigt verschiedene Arten von Rohseiden und von abgekochten Seiden (Trame, Organzin, Chappe, Tussah,
10 Floret, Cordonnet), die von der Garnhandlung M. L. Behr in Chemnitz freundlichst geliefert sind. Von großer Bedeutung ist die Färbetemperatur, da jedem Seidenfarbstoff eine Temperatur entspricht, bei der er am besten auf die Faser aufzieht. Das Färben von Seide erfordert
15 wegen ihrer Zartheit und ihres hohen Preises große Vorsicht, peinliche Sauberkeit und ein gewisses Verständnis. Die Gefäße bestehen in der Seidenfärberei zweckmäßig aus Kupfer. Wenn besonders licht-, koch- und seifenechte Färbungen verlangt werden, so sind Beizen-Farb-
20 stoffe anzuwenden. Den Schwefelfarbstoffen ist das Gebiet der Seide- und Wollfärberei verschlossen. Denn das Schwefelnatrium greift Wolle und Seide an. Auch Küpenfarbstoffe sind schwierig zu gebrauchen, ganz besonders für Seide, da das Alkali schädlich wirkt. Seide
25 ist stets empfindlicher. Für Wollen lassen sich Küpenfarbstoffe eher verwenden. Ja, die Indigofärberei bildet von je einen Grundpfeiler der Wollenechtfärberei. In großen Mengen wird heute noch Blauholz zur Wollschwarzfärberei gebraucht. Auch andere natürliche
30 Farbstoffe sind noch nicht verdrängt. In großen Mengen wird lose Wolle gefärbt. Dazu sind nur die echtesten Farbstoffe zu brauchen, da lose Wolle noch

alle Fabrikationsprozesse (Spinnen, Weben, Walken usw.) vor sich hat.

Die wichtigste pflanzliche Textilfaser ist die Baumwolle, eine Samenfaser im Gegensatze zu den Bastfasern, wie Ramie, Esparto, Jute, Hanf u. a. m., die sich der 5 Baumwolle anschließen und für deren Färberei mutatis mutandis [9] dasselbe gilt, wie für Baumwolle. Die Baumwolle spielt gegenwärtig, wie männiglich bekannt, eine ganz gewaltige Rolle in der Textilindustrie. Mehrere Ursachen bewirkten das Aufkommen der Baumwolle 10 gegenüber Seide und Wolle, sie sind kommerzieller, volkswirtschaftlicher Art. Der Preis ist im Vergleich zu den tierischen Fasern gering. Dennoch gehen jährlich Millionen von Mark dafür ins Ausland. Eine nationale Kolonialpolitik wird hoffentlich helfen, daß diese Begleit- 15 erscheinung des Baumwollkonsums verschwindet. Von diesem Gesichtspunkte aus ist die Baumwolle aus Deutsch-Ostafrika, die die Ausstellung zeigt, die Herr Paul Behr in Chemnitz geschenkt hat, besonders interessant. Nicht der letzte Grund des Steigens der Baumwollverwendung 20 hängt mit der Entdeckung der künstlichen, substantiven Baumwollfarbstoffe zusammen. Alle natürlichen Farbstoffe sind wenig für das Färben von Baumwolle geeignet. Die meisten sind Beizenfarbstoffe, Curcuma, Saflor und Orlean ausgenommen. Das umständliche Färben ver- 25 teuerte die Ware. Die schon länger bekannten künstlichen basischen Farbstoffe konnten mit vollem Vorteil erst gebraucht werden, als die Entdeckung der Tannin-Brechweinsteinbeize durch Brooke und Dale 1870 gemacht wurde, die einen großen Fortschritt in der Baum- 30 wollfärberei bedeutete. Zum Färben mit basischen Farbstoffen sind gebleichte chromierte und merzerisierte

Baumwolle zu verwenden. Der größte Fortschritt aber war die Entdeckung der substantiven Baumwollfarbstoffe. Der erste, das Congorot, wurde 1884 von Böttiger erfunden. Die Anwendung der substantiven Baumwollfarbstoffe ist sehr bequem. Salz wird gebraucht, um den Farbstoff, wie der Färberausdruck lautet, „an die Faser zu treiben". Daher rührt der Name „Salzfarben" für substantive Baumwollfarbstoffe. Sehr echte Färbungen werden mit Beizen-, Schwefel- und Küpenfarbstoffen erzielt. In gewaltigem Umfange wird die sog. Türkischrotfärberei ausgeübt. Bei dieser Art der Rotfärberei wird die Baumwolle mit Türkischrotöl oder mit Tournantöl, die beide aus Ricinusöl bereitet werden, und mit Alaun gebeizt, dann mit Alizarin ausgefärbt. Alizarin wurde früher aus der Krappflanze (Rubia tinctorum) gewonnen. 1869 lehrten es Graebe[10] und Liebermann aus Anthrazen, einem Bestandteil des Steinkohlenteers, künstlich herzustellen. Die künstliche Herstellung des Alizarins ist ein treffliches Beispiel für die wirtschaftliche Bedeutung chemischer Arbeit. Der Anbau der Krapppflanze wurde in großem Maßstabe in Süddeutschland, in Nordafrika, besonders in Südfrankreich betrieben. Als das Alizarin billiger künstlich hergestellt wurde, als es aus der Krappflanze gewonnen werden kann, änderte sich das Bild. In Süddeutschland verschwand der Krappbau fast plötzlich. In Frankreich wurde er durch gesetzgeberische Maßnahmen gehalten. Eine der bedeutendsten dieser Hilfen war die Einführung der roten Hosen in der französischen Armee, die auf den Minister und großen Chemiker Dumas[11] zurückgeht. In unseren Tagen wurde das Dekret erlassen, das die rote Hose verschwinden läßt. Damit dürfte der Krappbau sein Ende erreicht haben.

Ein weiteres, vielleicht noch eklatanteres Beispiel bietet der Indigo. Im Jahre 1881 betrug die Einfuhr von Indigo etwa 1 Million Tonnen im Werte von 10 Millionen Mark. 10 Millionen Mark deutschen Goldes gingen ins Ausland, um den blauen Farbstoff zu kaufen. Heute 5 ist Deutschland der Indigomarkt der Welt. In großartigen Anlagen werden, hauptsächlich von der Badischen Anilin- und Sodafabrik, die auch freundlichst eine Probe künstlichen Indigos gespendet hat, für 42 Millionen Mark Indigo aus Steinkohlenteer hergestellt. 38 Millionen 10 Mark ausländischen Goldes kommen ins Inland. China z. B. bezieht allein für 5 Millionen Mark. Die Indigopflanzungen Indiens sind zu fünf-Sechstel in Zuckerplantagen verwandelt worden. Ein Triumph deutscher chemischer Wissenschaft und deutscher Technik. 15

Man hört oft sagen, die künstlichen Farbstoffe besäßen nicht die gleiche Güte wie die natürlichen. Das ist sehr falsch. Künstliches Alizarin, künstlicher Indigo sind viel reiner als die entsprechenden natürlichen Produkte. Bei gleicher Sorgfalt in der Herstellung der 20 Färbungen müssen gleiche oder bessere Resultate erzielt werden, als bei Verwendung natürlicher Farbstoffe.

In derselben Beziehung wie Indigo und Alizarin ist die künstliche Seide (und das künstliche Roßhaar) interessant. Die Kunstseide hat eine völlig andere Zusammen- 25 setzung als natürliche Seide. Sie besteht aus Zellulose bezw. aus einem zelluloseähnlichen Stoffe. Aus Holz wird sie gewonnen und mit Farben, aus Steinkohlenteer bereitet, wird sie gefärbt! Sie kann mit basischen Farbstoffen direkt gefärbt werden. 30

Bis zu diesem Punkte war immer nur von der chemischen Technologie der Färberei die Rede. Die mecha-

nische Technologie der Färberei ist im Prinzip, allerdings nur im Prinzip, so einfach, daß sie mit ein paar Sätzen abgehandelt werden kann. Im großen und ganzen lassen sich folgende Hauptgruppen der Färbereimechanik unter-
5 scheiden: Garnfärberei und Spezial- oder Apparatenfärberei. Es läßt sich weiter sagen: Handarbeit für Ware in Strangform, Maschinenarbeit für Stücke, Apparate für Spezialfärbegüter wie lose Faser, Ketten, Kardenbänder, Kammzug, Capse, Kreuzspulen u. dergl. Für
10 Garnfärberei wird Maschinenarbeit lohnend nur da angewandt, wo fortlaufend große Partien Garnes einer Art der Einwirkung auszusetzen sind, z. B. bei der Anilin-Schwarz- und -Türkischrot-Färberei.

Bei der Strang-Handarbeit werden die Garnbündel,
15 auch „Pfunde" genannt, auf Stöcke gehängt, in die Farbflotte hineingebracht, dann „umgezogen".

Physikalische und chemische Prozesse wirken bei dem Zustandekommen einer Färbung mit, mechanische und chemische Technologie machen erst zusammen die Färbe-
20 rei aus.

Mit der Produktion der Färbegüter ist es allein noch nicht getan. Der Konsum ist die andere Seite des Dualismus. Wenn bei der Produktion das technische Vermögen entscheidend ist, so ist bei dem Konsum aus-
25 schlaggebend die Kaufkraft und der Geschmack des Käuferpublikums. Es liegt auf der Hand, daß für die Farbgebung schöner Ballkleider andere Gesichtspunkte maßgebend sind und sein müssen, als für die Färbung von Maskenkostümen. Es ist niemandem zu empfehlen,
30 und wird niemandem einfallen, mit Maskenanzügen große Wäsche zu veranstalten. Wer sie aber doch waschen würde, würde bemerken, daß sich die Farbe ändert und schwindet.

Das führt zur Frage der Echtheit der Farben. Nicht alle Farben besitzen gleiche Echtheitseigenschaften, nicht alle gefärbten Waren brauchen gleiche Echtheit zu besitzen. Von den Farben eines Teppichs ist nicht Waschechtheit zu verlangen, denn Teppiche werden nicht gewaschen. Ihre Farben müssen aber reibecht und lichtecht sein, denn Teppiche werden geklopft und sind dem Lichte ausgesetzt. Von den Farben des Stickgarnes, das u. a. zur Anfertigung der berühmten und berüchtigten Geburtstagsdecken dient, ist wieder hohe Waschechtheit zu fordern.

Gerade jetzt machen sich Bestrebungen, die von künstlerischer Seite ausgegangen sind, nach gediegener, zweckmäßiger Arbeit, nach guter „Handwerks"-kunst sehr lebhaft geltend. Die Kunst hat bitter das Übel empfunden, das darin liegt, daß die Farbensymphonie bei Kunstwerken (Teppichen, Stickereien usw.) gestört und zerrissen wird, daß die abgewogenen Stimmungen der Farben ihre Harmonie verlieren, wenn die Farben sich in der Wäsche ändern oder vom Lichte gebleicht werden. Kunst und Kunstgewerbe haben laut die Forderung erhoben nach Echtfärberei und schöne Erfolge sind schon erzielt worden. Während es bis vor 5 Jahren noch ganz wenig echtes Grün gab, sind jetzt grüne Farbstoffe auf dem Markte, deren Färbungen sich tatsächlich jeder Anforderung gewachsen zeigen, die dem vollen Lichte ausgesetzt werden können, die in Seifenwasser gekocht werden können usw., und die doch nicht einmal den Schein ändern. Wenn man in Abänderung eines bekannten Wortes sagen kann: „Ein jedes Volk hat die Farben, die es verdient!", so ist damit dem deutschen Volke ein großes Lob gesprochen. Denn z. B. die schon genannten

Indanthren- und Algol-Farbstoffe stehen tatsächlich unübertroffen da. An deutscher Kunst und deutschem Kunstgewerbe ist es, das von der Technik gebotene Material recht zu benutzen.

5 So sehen wir, welch innige Wechselwirkungen bestehen. Es ist der Konsum, der fordernd die Produktion anspornt. Es ist die Produktion, die ihrerseits den Konsum anregt. Eins muß in das andre greifen, eins durchs andre blühn und reifen.

10 So zeigt sich, daß nicht die Wissenschaft allein durch Erfindung neuer Farbstoffe, Durchdenken der Arbeitsmethoden, nicht die Technik allein durch fleißige Arbeit das Erreichte haben erreichen lassen, auch die Kunst hat einen großen Teil daran. Sie stellt Anforderungen, sie 15 zeigt Ideale, sie ist unzufrieden, und die Unzufriedenheit ist die Mutter des Fortschritts. Die phantasievoll vorausschauende, fordernde Kunst, die forschende Wissenschaft, die nimmermüdeschaffende Industrie, sie müssen zusammenwirken! Möge zur Förderung des betrachteten 20 Industriezweiges und damit zum Heile der gesamten Volkswirtschaft auch auf diesem Gebiete weiterwirken:

„Die Zusammenarbeit von Kunst, Industrie und Wissenschaft!“

Die Welt der Technik, Heft Nr. 7 vom 1. April 1911, Seite 133.

XXXI. Über einige bedeutende Chemiker

T h e o p h r a s t B o m b a s t v o n H o h e n h e i m, 25 bezw. T h e o p h r a s t u s P a r a c e l s u s wurde am 10. November 1493 in einem Bauernhause am Fuße des Etzelberges bei Einsiedeln im Kanton Schwyz geboren, wo sein Vater, Wilhelm Bombast von Hohenheim, als

praktischer Arzt wirkte. Er entstammte einem angesehenen Adelsgeschlecht, welches in der Nähe von Stuttgart seinen Stammsitz Hohenheim hatte. Im Jahre 1502 hatte sein Vater Einsiedeln verlassen und war nach Villach in Kärnten übergesiedelt. Wohin sich dann Paracelsus von Kärnten aus als Universitätsstudent gewandt hat, weiß man nicht. Er selbst spricht von den hohen Schulen der Deutschen, Italiener und Franzosen. Jedenfalls hat mit seinem Einzug auf die hohe Schule auch sein schicksalsreiches und berühmt gewordenes Wanderleben begonnen. Er durchwanderte nach seinen eigenen Aufzeichnungen Schweden, Dänemark, England, Spanien, ferner Ungarn, Kroatien, Krain und Italien. Im Jahre 1526 ließ er sich in Straßburg nieder, doch schon im nächsten Jahre verließ er es wieder und wandte sich nach Basel, wo er Stadtarzt und Professor an der Universität wurde. Am 5. Juni 1527 erließ er dort an die Studierenden der Universität ein Programm der medizinischen Vorlesungen, in welchem er rückhaltlos seine Reform betonte. Er wandte sich dabei in energischer Weise gegen das griechisch-arabische System der Heilkunde, gegen Claudius Galenus[1] und Avicenna und die sonstigen scholastischen Ansichten. Durch dieses Auftreten zog er sich viele Feinde und Widersacher zu, deren Haß er immer mehr herausforderte. Als er sich dann auch mit dem Basler Magistrat noch überwarf, mit dem er schon vorher immer im Streite lag, blieb ihm zuletzt nichts anderes mehr übrig, als die Stadt Basel zu verlassen. Er flüchtete sich anfangs Februar 1528 über Mülhausen nach Kolmar. Von da an kam er nicht mehr zu einem dauernden ruhigen Wohnsitz, er weilte vorübergehend in schweizerischen, österreichischen und deut-

schen Ländern. So war er im Jahre 1531 in St. Gallen, später war er in Ulm, dann in Augsburg, im Jahre 1537 in Mähren, bei Johann von der Leipnik, dem ersten Erbmarschall von Böhmen, und Ende dieses Jahres kam er nach Wien. Doch auch hier blieb er nur vorübergehend. Er folgte verschiedenen ärztlichen Berufungen nach verschiedenen Städten und führte auch wissenschaftliche Reisen aus. Im Jahre 1541 finden wir ihn in Salzburg, wo er am 24. September desselben Jahres im Alter von 48 Jahren gestorben ist. Seinem Wunsche gemäß wurde er auf dem Friedhof zu St. Sebastian mitten unter den Armen des Versorgungshauses beerdigt. Später wurden seine Gebeine wieder ausgegraben und an der Mauer der Kirche zu St. Sebastian bestattet, im Jahre 1752 erhielt er dann im Stiegenhause der St. Sebastianskirche zu Salzburg ein pyramidenartiges Grabdenkmal, wo seine Gebeine heute noch ruhen.

Die Beurteilung dieses „seltsam wunderlichen“, aber sicher hochbegabten Mannes war von jeher eine sehr verschiedenartige. Durch eingehende kritische Studien, welche in neuerer Zeit angestellt worden sind und welche wir hauptsächlich Strunz zu verdanken haben, wurde manches Falsche, das sein Bild bisher verzerrt hatte, aus den ihm zugeschriebenen Werken entfernt. Er erscheint uns deshalb heute als ein Mensch von großem Edelmut und Güte, der durch sein rücksichtsloses Vorgehen für die Anerkennung seiner Reformbestrebungen und ein großes Selbstbewußtsein den Haß vieler seiner Mitmenschen herausgefordert hat.

Georg Agricola war im Jahre 1494 zu Glauchau geboren; er ist also ein Altersgenosse von Paracelsus.

In späteren Jahren finden wir ihn als angesehenen Arzt zu Chemnitz, wo er zugleich das Amt des Bürgermeisters bekleidete. Er übte die Heilkunde nur nebenbei aus, denn seine Hauptbeschäftigung galt dem Studium der Mineralogie und Metallurgie, zu welchem er wohl durch 5 das Berg- und Hüttenwesen Sachsens veranlaßt wurde. Seine Schriften, in denen er eine Reihe von praktischen Anleitungen zu chemischen Operationen gab, stehen im schroffsten Gegensatze zu denjenigen seines Zeitgenossen Paracelsus. Wir finden in denselben eine hervorragende 10 Klarheit der Ausdrucksweise, eine nüchterne Auffassung der beschriebenen Vorgänge und eine exakte Bezeichnung der zu den verschiedenen chemischen Prozessen nötigen Gerätschaften. Aber wie die meisten Chemiker der damaligen Zeit, so stand auch er trotz seiner Geistes- 15 größe immer noch im Banne von alchemistischen Gedanken. Er starb im Jahre 1555. Die wichtigsten seiner Schriften sind das als Handbuch der Metallurgie lange Zeit sehr geschätzte Hauptwerk, „De re metallico libri XII", ferner die mineralogischen Werke „De natura fos- 20 silium" und „De ortu et causis subterraneorum". Agricola kann mit vollem Recht der Vater der Mineralogie genannt werden.

R o b e r t B o y l e war am 25. Januar 1626 zu Youghall in der Grafschaft Munster in Irland geboren. In 25 seiner Jugend durchreiste er Frankreich, die Schweiz und Italien, hierbei hielt er sich zwei Jahre in Genf auf, wo er auch seine ersten chemischen Studien betrieb. Im Jahre 1654 siedelte er nach Oxford über, von 1668 an lebte er in London und starb daselbst im Jahre 1691. 30 Im Jahre 1680 wurde er Präsident der Royal Society,

welche im Jahre 1663 gegründet wurde. Betrachtet man seinen edlen, allem äußeren Scheine widerstrebenden Charakter und seine enorme Bescheidenheit mit dem überhebenden Selbstbewußtsein eines Paracelsus, so hat
5 man einen Gegensatz vor sich, wie er wohl kaum drastischer zusammengestellt werden kann. Seine Verdienste um die Entwicklung der Chemie sind hauptsächlich in der Untersuchung der Gase zu suchen; hat er doch das noch heute gültige Gesetz von dem einfachen Verhältnis
10 von Druck und Volumen bei den Gasen (p·v = const.) ausgesprochen. Aber auch die angewandte Chemie, spez. die Analyse chemischer Verbindungen und die pharmazeutische Chemie verdanken ihm, wie wir noch sehen werden, bedeutende Erweiterung. Boyle hinterließ eine
15 Reihe von Schriften, welche uns durch ihren einfachen Stil und durch die Klarheit des Ausdrucks erfreuen; sie stehen eben im engsten Zusammenhang mit seinem Charakter und im schroffsten Gegensatz zu der geheimnisvollen Ausdrucksweise der Alchemisten. Von seinen
20 Schriften, welche sowohl in englischer wie lateinischer Sprache erschienen sind, sollen hier erwähnt werden: „Sceptical Chymist" im Jahre 1661; „Tentamina quaedam physiologica", ebenfalls 1661 und „Experimenta et considerationes de coloribus" im Jahre 1663. Außerdem
25 sind in den „Philosophical Transactions" noch mehrere Abhandlungen von Boyle veröffentlicht.

H e i n r i c h C a v e n d i s h, geboren zu Nizza 1731, widmete sich hauptsächlich physikalischen und chemischen Untersuchungen. Er ist der Entdecker des
30 Wasserstoffes, welchen er „inflammable air" nannte. Ferner führte er den Nachweis, daß das Wasser aus

Wasserstoff und Sauerstoff bestehe und daß die Luft ein konstant zusammengesetztes Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff sei, sowie daß durch Vereinigung der beiden letzteren Gase sich Salpetersäure bilde. Trotzdem er mit diesen Untersuchungen viel zum Sturze der 5 Phlogistontheorie [2] beitrug, konnte er sich persönlich doch nicht entschließen, seine Ansichten in dieser Richtung zu ändern. Er bekämpfte so die Lavoisiersche Verbrennungslehre bis zu seinem im Jahre 1810 in London erfolgten Tode. 10

Joseph Priestley, geboren zu Fieldheat bei Leeds in Yorkshire im Jahre 1733, führte im Gegensatz zu Black [3] und Cavendish ein unstetes, an Wechselfällen und Verfolgungen reiches Leben, woran wohl neben seiner persönlichen Unduldsamkeit seine eigenartige Stellung 15 zur Kirche viel schuld war, da er, von Haus aus Theologe, sich als Prediger mit naturwissenschaftlichen Fragen befaßte. Seine Arbeiten trugen viel zum Fortschritt in der Kenntnis der Gase bei; im Jahre 1774 entdeckte er den Sauerstoff, ohne daß seine schönen Versuche mit 20 diesem Gase ihn zur richtigen Erkenntnis des Verbrennungsprozesses geführt hätten; im Gegenteil er war bis zu seinem Tode (1804) einer der eifrigsten Anhänger der Phlogistontheorie. Es ist dies um so schwerer zu verstehen, als er den Kreislauf des Sauerstoffes in der orga- 25 nischen Welt durch den Stoffwechsel von Tier und Pflanze in der richtigen Weise beschreibt.

Carl Wilhelm Scheele, einer der hervorragendsten Chemiker aller Zeiten, wurde im Jahre 1742 in dem damals zu Schweden gehörenden Stralsund ge- 30 boren. Mit 14 Jahren begann er seine Laufbahn als

Apotheker und war als solcher zu Gotenburg, Malmoe und Stockholm tätig. In der Stille seiner Apotheke zu Köping entdeckte Scheele nacheinander das Chlor, den Sauerstoff, das Mangan und die Baryterde. Wenn er
5 sich auch nicht von dem Banne der Phlogistontheorie frei machen konnte und seine Entdeckungen in diesem Sinne deutete, so müssen wir doch an ihm seine wunderbare Gabe der Beobachtung und seine ganz hervorragende Begabung zum Experimentieren bewundern. So hat
10 Scheele auf zahlreichen Gebieten der Chemie bahnbrechend gewirkt, und wir werden seinem Namen bei der speziellen Besprechung der Fortschritte der chemischen Kenntnisse in diesem Zeitalter sehr häufig begegnen; zumal da seine bahnbrechenden Arbeiten jedem Gebiete
15 der Chemie angehören. Selbst auf der damals noch ziemlich vernachlässigten organischen Chemie war er erfolgreich tätig, indem er neue Wege fand, die verschiedenen Produkte des tierischen und pflanzlichen Stoffwechsels zu isolieren. Auf diese Weise fand er zahlreiche
20 bisher noch unbekannte organische Säuren und andere Stoffe. Er starb im Jahre 1786, 44 Jahre alt.

Anton Laurent Lavoisier wurde geboren im Jahre 1743, also ein Altersgenosse von Scheele; durch die geradezu vorzügliche Erziehung, welche er genoß,
25 hatte er reiche Gelegenheit, sich in Mathematik und Physik auszubilden; den Unterricht in der Chemie erhielt er von Rouelle,[4] welcher ja als Lehrer in besonders hohem Ansehen stand.

Die ersten chemischen Arbeiten Lavoisiers fallen in
30 das Jahr 1770 und sind schon quantitativer Natur. Er versuchte nämlich mit Hilfe von Wägungen nachzuweisen,

daß die beim Kochen von Wasser sich bildende Erde nicht aus dem Wasser, sondern aus dem Glasgefäß, in welchem das Wasser gekocht wurde, stamme. Die Vorteile, welche ihm bei diesen Untersuchungen die Wage lieferte, mögen wohl bestimmend gewesen sein für seine späteren 5 Untersuchungen über die Erforschung der Vorgänge beim Verbrennen von Körpern und bei der Verkalkung der Metalle. Die exakte Durchführung dieses Problems unter Benützung der Beobachtungen von Priestley und Scheele über den Sauerstoff veranlaßten ihn im Jahre 10 1777 zur Aufstellung einer neuen Verbrennungstheorie. Die Französische Akademie nahm ihn schon in jungen Jahren als Mitglied auf, und seine äußere Lebensstellung gestaltete sich bald sehr glänzend. Er entging jedoch dem Neid seiner Mitbürger nicht und wurde auf Grund 15 nichtiger Beschuldigungen, ein Opfer der Französischen Revolution, am 8. Mai 1794 in Paris hingerichtet. Seine Arbeiten veröffentlichte er größtenteils in den Memoiren der Französischen Akademie.

Claude Louis Berthollet war im Jahre 20 1748 zu Talloire in Savoyen geboren. Im Jahre 1772 schlug er seinen Wohnsitz in Paris auf und wurde im Jahre 1780 in die Französische Akademie aufgenommen. Von da an entwickelte er eine rege Tätigkeit auf den verschiedensten Gebieten der Chemie. Zuerst gehörte er zu den 25 Anhängern der Stahlschen Phlogistontheorie, war aber von 1785 an völlig überzeugt von der Verbrennungstheorie Lavoisiers. Im Jahre 1794 wurde Berthollet Lehrer an der polytechnischen Schule zu Paris. Er besaß ein hervorragendes organisatorisches Talent, welches 30 ihm sowohl bei verschiedenen von Napoleon aufgetrage-

nen, als auch bei sonstigen gemeinnützigen Untersuchungen zugute kam. In seinen letzten Jahren lebte er zu Arcueil bei Paris und starb auch daselbst im Jahre 1822. Es stammen von ihm verschiedene Experimentaluntersuchungen, welche das Ammoniak, die Blausäure, den Schwefelwasserstoff und das chlorsaure Kali behandelten. Fernerhin sind seine theoretischen Spekulationen über chemische Affinität zu erwähnen, welche damals zu hoher Geltung gelangten und deren Nachwirkungen bis in unsere Zeit reichen.

Joseph Louis Gay-Lussac war geboren im Jahre 1778 zu St. Leonard. Seine Einführung in die chemische Wissenschaft erfolgte durch Berthollet; und bald lenkte er durch seine physikalischen und chemischen Kenntnisse die Aufmerksamkeit seiner Zeitgenossen auf sich. Zur Ausführung seiner Untersuchungen scheute er vor keiner Gefahr zurück, was sich am deutlichsten darin zeigt, daß er zwecks physikalischer Beobachtungen mitunter geradezu wagehalsige Luftfahrten ausführte. Im Jahre 1808 wurde er Professor der Physik an der „Sorbonne“,[5] im Jahre 1809 auch Professor der Chemie an der „École polytechnique“ und im Jahre 1832 Professor der allgemeinen Chemie am „Jardin des plantes“. Durch seine verschiedenartigen Untersuchungen erfuhren die weitesten Kreise der Chemie namhafte Vorteile. Sein Name ist sowohl mit dem Volumgesetz der Gase, als auch mit dem gesetzmäßigen Zusammenhange der Volumgrößen derselben mit der Temperatur, sowie mit den Untersuchungen über Jod, Zyan und Knallsäure, und endlich mit einer größeren Anzahl analytischer Methoden eng verknüpft Speziell in letzterer Richtung ist zu

erwähnen, daß Gay-Lussac als der Begründer der Titrimetrie zu betrachten ist. Sein Tod fällt in das Jahr 1850.

P. L. D u l o n g , geboren im Jahre 1785 zu Rouen, hat sich neben seinen physikalisch-chemischen Untersuchungen über die Atomwärme auch mit rein chemischen 5 Arbeiten beschäftigt; er entdeckte im Jahre 1811 den Chlorstickstoff, eine Entdeckung, welche er mit dem Verlust von einem Auge und von mehreren Fingern büßen mußte; außerdem arbeitete er noch über die Sauerstoffverbindungen des Phosphors und Stickstoffs. 10 Im Jahre 1838 starb er als Studiendirektor der polytechnischen Schule zu Paris.

T. A. P e t i t , der Mitarbeiter Dulongs bei der Arbeit über die Atomwärme der Elemente, gehört mit Rücksicht auf seine anderen Arbeiten mehr zu den Physikern als zu 15 den Chemikern; er war geboren im Jahre 1791 und starb als Professor der Physik an der polytechnischen Schule zu Paris im Jahre 1820.

Eingehender müssen wir uns jedoch mit dem Lebensgang von J o h a n n J a k o b B e r z e l i u s , einem der 20 bedeutendsten Chemiker, der je gelebt hat, beschäftigen. Derselbe war geboren am 29. August 1779 zu Westerlösa in Schweden als Sohn eines dortigen Schulmeisters. Schon in jungen Jahren zeigte er eine besonders stark ausgeprägte Vorliebe für Chemie, allein seine ersten Leh- 25 rer boten ihm nicht das, was er von dieser Wissenschaft erwartete, und so wandte er sich unbefriedigt von derselben dem Studium der Medizin zu. Immerhin war aber sein Interesse für Chemie so groß, daß er dieselbe nicht völlig vernachlässigte; im Gegenteil, seine wissenschaft- 30

lichen Arbeiten beschäftigten sich vorwiegend mit chemischen Ideen, und auf Grund seiner Untersuchungen über die Einwirkung des galvanischen Stromes auf Salze erfolgte zuerst seine Ernennung zum Adjunkten für Medi-
5 zin, Botanik und Pharmazie und später die zum Professor für Chemie und Pharmazie an der Universität Stockholm, welche Stellung er im Jahre 1815 mit der Professur der Chemie daselbst vertauschte. Seit dem Jahre 1808 Mitglied der Stockholmer Akademie der Wissenschaften, war
10 er vom Jahre 1818 an deren ständiger Sekretär. In demselben Jahre wurde er auch von König Karl XIV, in den Adelstand erhoben und im Jahre 1835 erfolgte seine Versetzung in den Freiherrnstand. Sein arbeitsreiches Leben wurde am 7. August 1848 durch den Tod abgeschlossen.
15 Die von ihm ausgeführten hervorragenden wissenschaftlichen Arbeiten und seine ersprießliche Lehrtätigkeit verschafften ihm eine Reihe von Schülern, von welchen wir hier als die namhaftesten Rose,[6] Mitscherlich, Wöhler und Christian Gmelin erwähnen wollen. Es versteht sich
20 von selbst, daß durch diesen Anhang bedeutender Schüler die Ideen, Gedanken und Theorien von Berzelius in alle Länder getragen wurden und daß diese so auf die Weiterentwicklung der chemischen Forschung einen hervorragenden Einfluß ausübten.

25 Justus v. Liebig war am 12. Mai 1803 zu Darmstadt geboren; er ergriff zuerst die Apothekerlaufbahn, sagte ihr aber bald Valet und widmete sich dem Studium der Chemie, wobei er sich durch seine Untersuchungen über das Knallsilber bekannt machte. Schellings[7] fas-
30 zinierende Persönlichkeit hielt ihn in Erlangen zwei Jahre lang in dem Bann der damals herrschenden Naturphilo-

sophie. Dank seiner stark ausgeprägten Selbständigkeit machte er sich jedoch von diesem Einflusse los und verließ Erlangen, um nach Paris, der damaligen Blütestätte chemischer Wissenschaft, seinen Weg zu lenken, und so finden wir ihn im Jahre 1821 daselbst als Schüler Gay-Lussacs, wo er mit diesem die wichtige Untersuchung über die Fulminate ausführte. Das Jahr 1824 brachte ihm seine Berufung als Professor der Chemie nach Gießen, wo er unter schweren Kämpfen für die Einrichtung einer rationellen Didaktik im chemischen Unterricht 28 Jahre lang wirkte, bis er im Jahre 1852 einem Rufe an die Universität München folgte. Sein an so großen Erfolgen reiches Leben wurde am 18. April 1873 durch den Tod abgeschlossen. In besonders erfolgreicher Weise hatte Liebig sowohl im Laboratorium, als auch in den Vorlesungen den Unterricht neu gestaltet und zwar so, daß seine Schüler ihr Leben lang mit wahrer Begeisterung von ihm sprachen. Kein Wunder, daß zu seiner Zeit Gießen die Sammelstätte aller wissenschaftlichen Chemiker wurde, so daß eine große Anzahl der bedeutendsten Forscher auf dem Gebiete der Chemie zu den Schülern Liebigs zu rechnen sind. Von den bedeutendsten sollen hier nur genannt sein: A. W. Hofmann,[8] H. Kopp, Strecker, Fresenius, Varrentrapp, Muspratt, Gerhardt, Wurtz, Frankland und Volhard. Auf die einzelnen Arbeiten Liebigs muß im Laufe der allgemeinen Besprechung so häufig zurückgekommen werden, daß hier in ihre spezielle Besprechung nicht eingegangen werden kann.

Friedrich Wöhler, geboren im Jahre 1800 in dem Dorfe Eschersheim bei Frankfurt a. M., studierte zuerst Medizin in Marburg und Heidelberg. Durch den

Einfluß L. Gmelins [9] wandte er sich aber bald dem Studium der Chemie zu und wurde von letzterem zu Berzelius nach Stockholm geschickt. Im Herbst 1824 kehrte er nach Deutschland zurück, hier wirkte er zuerst in Ber-
5 lin an der städtischen Gewerbeschule und dann in Kassel an der Kasseler Gewerbeschule als Lehrer der Chemie. Im Jahre 1836 erhielt er den Ruf als Professor der Chemie an die Universität Göttingen, wo er bis zu seinem am 23. September 1882 erfolgten Tode tätig war. Auch er war
10 neben einer ersprießlichen und fruchtbaren Forschungsarbeit besonders als Pädagog tätig und hatte sich wie Liebig eine Anzahl von Schülern herangezogen, so daß für die Zukunft der Chemie in Deutschland das Zusammenwirken dieser beiden hervorragenden Männer von
15 bedeutendem Einflusse war. Von seinen Schülern sind vor allem Kolbe,[10] Geuther, Limpricht, Fittig und Beilstein zu nennen.

August Kekulé, geboren den 7. September 1829 zu Darmstadt, war vom Jahre 1856 an Privatdozent in
20 Heidelberg und wurde im Jahre 1858 Professor der Chemie in Genf, von wo er im Jahre 1865 einem Rufe nach Bonn folgte. Hier war er bis zu seinem am 13. Juli 1896 erfolgten Tode tätig. Seine Arbeiten, welche für die theoretischen Ansichten der organischen Chemie grundlegend
25 waren und auch die praktische Verwertung organischer Reaktionen beeinflußten, zeigten, daß er einer der bedeutendsten chemischen Forscher war. Aus seiner literarischen Tätigkeit soll sein Lehrbuch der organischen Chemie besonders hervorgehoben werden. Ein bleibendes
30 und ehrendes Andenken wurde ihm von seinen Schülern und Kollegen dadurch gegeben, daß ihm ein Denkmal

errichtet wurde, welches seinen Platz vor dem chemischen Institut der Universität Bonn gefunden hat.

Hermann Kolbe, im Jahre 1818 zu Elliehausen bei Göttingen geboren, studierte seit dem Jahre 1838 bei Wöhler in Göttingen. Von 1842 bis 1847 war er teils in Marburg als Assistent Bunsens, teils in London bei L. Playfair,[11] teils in Braunschweig als Redakteur des von Liebig gegründeten Handwörterbuchs der Chemie tätig. Im Jahre 1851 erhielt er die Berufung als Nachfolger Bunsens nach Marburg und folgte im Jahre 1865 einem Rufe nach Leipzig, wo er bis zu seinem am 25. November 1884 erfolgten Tode tätig war. 42 Jahre hatte er so die Chemie durch eine Reihe von hervorragenden Arbeiten theoretischen und praktisch experimentellen Inhalts bereichert. Neben zahlreichen Aufsätzen für das erwähnte Handwörterbuch ist von seinen literarischen Arbeiten vor allem ein ausführliches Lehrbuch der organischen Chemie zu erwähnen, welchem er später noch ein kurzes über anorganische und organische Chemie folgen ließ. Vom Jahre 1870 an leitete er auch die Herausgabe des von Erdmann[12] gegründeten Journals für praktische Chemie.

HUGO BAUER: *Geschichte der Chemie;* Bde. 264, 265, Sammlung Göschen.

XXXII. Wolcott Gibbs

Mit Wolcott Gibbs, dessen Tod wir am 9. Dezember 1908 zu beklagen hatten, verlor die amerikanische Wissenschaft eine der bedeutsamsten Erscheinungen aus den Reihen ihrer Veteranen. Er war der einzige Amerikaner, dem die Deutsche Chemische Gesellschaft je die Ehrung der Aufnahme in die Liste ihrer Ehrenmitglieder zuteil

werden ließ. Gibbs weilte noch durch ein Vierteljahrhundert, nachdem die deutschen Kollegen seiner hervorragenden Bedeutung diese Anerkennung gezollt hatten, unter den Lebenden. Er erreichte ein Alter von 86 Jahren, und so war er auch lange Zeit hindurch fast der einzige, der von den Pionieren der amerikanischen Wissenschaft übrig geblieben war.

Oliver Wolcott Gibbs wurde in der Stadt New York am 21. Februar 1822 geboren. Er war der zweite Sohn von George Gibbs (1776–1833) und dessen Gemahlin Laura Wolcott Gibbs, die beide aus angesehener Familie stammten und dem Knaben das unschätzbare Gut einer reichen Erbschaft an guter Gesundheit und geistiger Befähigung mit auf den Weg gaben. Seine Mutter war eine Tochter von Oliver Wolcott, der unter den Präsidenten George Washington und John Adams das Amt des Secretary of the Treasury (d. h. des Finanzministers) der Vereinigten Staaten bekleidete. Sie war eine Frau von edelstem Charakter und ungewöhnlicher Begabung; zweifellos hat sie nicht allein durch ihren persönlichen Einfluß, sondern auch durch den Kreis höchst intelligenter und gut erzogener Menschen, den sie in ihrem Hause zu versammeln verstand, die rasche Entwicklung ihres späterhin so berühmten Sohnes in ausgezeichneter Weise gefördert. Energisch, patriotisch und voll Interesse für das Gemeinwohl lebte sie noch viele Jahre nach seiner Geburt und kam so in die glückliche Lage, ihm reiche Gelegenheit zu gesunder körperlicher, geistiger und moralischer Entwicklung zu geben. Dies war für den Knaben auch deshalb ein besonderes Glück, weil er schon im Alter von 11 Jahren seinen Vater durch den Tod verlor. Sein Vater, der den Titel Oberst führte,

besaß ein großes Landgut auf Long Island, das unter dem Namen „Sunswick" bekannt war und nur wenige Meilen von der Stadt New York entfernt lag. Auf dieser schön gelegenen Besitzung konnte der künftige Chemiker seine Jugend in vollem Maße genießen. Wie er später 5 selbst erzählte, beschäftigte er sich hier oft damit, unter Verwendung aller ihm nur irgendwie erreichbaren Materialien künstliche Vulkane herzustellen, sowie die Steinmauern nach Mineralien oder die Gärten und Felder nach Blumen abzusuchen. Der Vater war ein begeister- 10 ter Mineralog und widmete viel Zeit für die Anlage einer schönen Sammlung, die dann später den Grundstock zu dem berühmten mineralogischen Museum des Yale College bildete. Unzweifelhaft hat der Knabe von diesem hervorragenden Mann, nach welchem das Mineral Gibbsit 15 benannt worden ist, die ersten wissenschaftlichen Anregungen empfangen; aber auch Wolcotts älterer Bruder, der wie sein Vater den Namen George führte, erwarb sich später einen Ruf als Mineralog. Diese Umgebung mußte — im Verein mit der ererbten Veranlagung — die 20 Ursache werden, daß sich der junge Oliver Wolcott Gibbs zu einem Mann von ungewöhnlicher Befähigung, gepaart mit praktischem Verständnis, entwickelte.

Einen Teil seiner Kindheit verbrachte er auch in Boston in dem Hause einer unverheirateten Tante, wäh- 25 rend er im Sommer in der Familie einer anderen Tante lebte, die die Gattin von William Ellery Channing war, einem hervorragenden Prediger der Unitarischen Kirche. Auch in diesem Hause verkehrten viele interessante Leute, und auch hier wieder konnte der stille, trotzdem 30 aber höchst bedeutsame Einfluß eines liebevollen Familienlebens auf den Charakter des Knaben zur Geltung

kommen. Im Alter von 12 Jahren kehrte er dann nach New York zurück und begann dort, sich in der Columbia Grammar School für das Columbia College vorzubereiten, in welches er 3 Jahre später im Alter von 15 Jahren eintrat. Er verließ dann 1841 das College als Promovierter, nachdem er in den 4 Jahren, die er dort zubrachte, sich mit wissenschaftlichen Dingen weit intensiver beschäftigt hatte, als es den noch mittelalterlichen Gepflogenheiten, die damals auf den amerikanischen Colleges herrschten, entsprach. Während des dritten Jahres seines Aufenthalts auf dem Columbia College veröffentlichte Gibbs, damals erst ein junger Mensch von 18 Jahren, schon eine wissenschaftliche Mitteilung; sie hatte eine neue Form der galvanischen Batterie zum Thema, bei welcher — vielleicht zum ersten Mal — die Kohle das Material für eine der Elektroden darstellte. Dies ist, wie F. W. Clarke in seinem interessanten Nekrolog treffend ausführte, ein deutlicher Beweis dafür, daß die frühzeitigen Impulse, die der junge Gibbs von seinem Vater erhalten hatte, durch die klassizistischen Tendenzen der beschränkten Erziehungsmethode jener Zeit nicht mehr unterdrückt werden konnten.

Nachdem er das Columbia College verlassen hatte, wandte sich der junge Gibbs nach Philadelphia, wo er einige Monate Laboratoriumsassistent von Dr. Robert Hare[1] wurde, der als Erfinder des Knallgas-Gebläses bekannt geworden ist. Hare hatte damals die Lehrkanzel für Chemie an der Medical School der University of Pennsylvania inne, und der junge Wolcott beschloß dann rasch, angeregt durch den begeisternden Einfluß seines Lehrers, sich dem Studium der Medizin zu widmen, wobei ihn die Absicht leitete, sich die für ein ähnliches

Amt erforderlichen Kenntnisse anzueignen. Das College of Physicians and Surgeons in New York wurde dann die Stätte, an welcher er die Mehrzahl seiner medizinischen Erfahrungen sammelte, und hier promovierte er auch im Jahre 1845 als Doktor der Medizin. Während er sich noch auf die hierfür erforderlichen Prüfungen vorbereitete, erwarb er 1844 auf dem Columbia College den Titel eines Master of Arts. Obwohl er sich in dieser Weise genügend zur praktischen Ausübung der Heilkunde vorbereitet hatte, dachte Gibbs wahrscheinlich doch niemals ernstlich daran, seine Kenntnisse für den Beruf des Arztes zu verwerten. Sein Hauptinteresse hatte von Anfang an der Chemie gegolten, und auch seine medizinischen Studien hatte er wohl hauptsächlich mehr im Hinblick auf diese Wissenschaft als mit der Absicht unternommen, sie später einmal in der Praxis zu verwenden.

Da es in Amerika zu jener Zeit an einer passenden Gelegenheit fehlte, sich in der Chemie eingehender zu unterrichten, ging Gibbs, der damals 23 Jahre alt war, nach Europa und setzte in Berlin als Schüler von Carl Rammelsberg[2] seine schon ziemlich weit vorgeschrittenen Studien fort. Nach mehrmonatlichem Aufenthalt in der preußischen Hauptstadt trat er in das Laboratorium von Heinrich Rose[3] ein, in welchem er dann ungefähr ein Jahr verblieb. Dieser große Meister auf dem Gebiete der analytischen Chemie nahm bald unter den Lehrern Gibbs die bevorzugte Stelle ein, und der Einfluß des älteren Mannes läßt sich dann auch durch das ganze spätere Leben des amerikanischen Pioniers hindurch verfolgen. Nach Beendigung seines Aufenthalts in Berlin siedelte Gibbs nach Gießen über, wo er ein Semester hindurch unter dem anregenden Einfluß von Liebig[4]

stand; von hier aus wandte er sich nach Paris, um dort die Vorlesungen von Laurent,[5] Dumas und Regnault zu hören. Ohne Zweifel hat Gibbs durch seine sich auf so verschiedenen Gebieten unserer Wissenschaft bewegenden
5 Studien einen weit tieferen Einblick in die allgemeineren Beziehungen der Chemie erhalten, als dies auf der Basis einer enger begrenzten Ausbildung möglich gewesen wäre. Sicherlich hat auch das umfassende Verständnis, mit welchem er Probleme aus der physikalischen und physio-
10 logischen Chemie ebenso gut zu meistern wußte, wie solche aus seinen Spezialarbeitsgebieten, der anorganischen und analytischen Chemie, seine gesamte Lebensarbeit so besonders reichhaltig gestaltet und ihn befähigt, sich das Interesse für wissenschaftliche Dinge bis unmittelbar vor
15 dem Abschluß eines ungewöhnlich langen Lebens zu bewahren.

Ungefähr um jene Zeit ließ er seinen ersten Vornamen Oliver fallen und machte sich von nun als Wolcott Gibbs bekannt. Als ihm im Herbst des Jahres 1848 vom Col-
20 lege of Physicians and Surgeons ein Amt als außerordentlicher Professor der Chemie angeboten wurde, kehrte er nach New York zurück. Im gleichen Jahr noch hielt er eine Reihe von Vorlesungen am Delaware College in Newark (Delaware); 1849 wurde ihm dann die ordent-
25 liche Professur für Chemie und Physik an der neu begründeten Free Academy, dem jetzigen College of the City of New York, übertragen. Hier blieb er 14 Jahre lang, während welcher Zeit seine Haupttätigkeit augenscheinlich dem Unterricht der jungen Studierenden ge-
30 widmet war.

Im Jahre 1851 wurde Gibbs zum Assistenten des Redakteurs von Sillimans „American Journal of Science“

ernannt; dieser Zeitschrift hat er dann 22 Jahre hindurch viel Zeit geopfert, indem er eine große Reihe vortrefflicher Referate über die hauptsächlichsten Untersuchungen der chemischen Weltliteratur verfaßte. Im Jahre 1856 erschien dann seine erste wirklich bedeutende Arbeit, die 5 er in Gemeinschaft mit Prof. Genth [6] aus Philadelphia ausgeführt hatte. Es war dies die allgemein bekannte Untersuchung über die Kobalt-Ammoniak-Basen, auf welche wir später noch mehrfach zurückkommen werden. 1861 veröffentlichte er die erste seiner Mitteilungen über 10 die Platinmetalle und zeigte damit, daß er in die erste Reihe der damaligen amerikanischen Chemiker gehörte.

Während dieser Zeit mußte Gibbs die Enttäuschung erleben, daß ihm nicht die Professur für Chemie an dem Columbia College, der jetzigen Columbia Universität, 15 übertragen wurde, weil er ein Unitarier war, während das College damals auf streng sektiererischer Basis geleitet wurde. Doch bildete sein unitarischer Glauben kein Hindernis, als er 1863 zum Professor an der Harvard-Universität ernannt wurde. Die Professur, zu welcher 20 er hiermit berufen wurde, war von dem bedeutenden Count Rumford [7] begründet worden und sollte ihrer Bestimmung nach eine „Professorship of the Application of Science to the useful Arts“ werden.

Dem „Rumford-Professor“ lag damals sowohl die Lei- 25 tung des Chemischen Laboratoriums an der Lawrence Scientific School der Universität ob, wie auch das Halten von Vorlesungen über Licht und Wärme, und so bot sich denn eine ausgezeichnete Gelegenheit für Gibbs, seine an verschiedenen Universitäten des Auslandes gesam- 30 melten Erfahrungen im Dienste einer Aufgabe zu verwerten, für die er ganz besonders geeignet erschien. Als

„Rumford-Professor“ hat Gibbs der Harvard-Universität dann vierundzwanzig Jahre hindurch seine Dienste gewidmet, zu einer Zeit, in der Cambridge ganz besonders reich an interessanten und außergewöhnlichen Menschen
5 war: Der Zoolog Louis Agassiz,[8] der Botaniker Asa Gray, der Mathematiker Benjamin Peirce, der Chemiker J. P. Cooke, der Anatom Jeffries Wyman sowie die berühmten Literaten Longfellow, Lowell und Holmes — sie alle waren seine unmittelbaren Kollegen. In eine
10 anregendere Umgebung hätte Gibbs nicht kommen können.

In die Zeit dieser Professur fällt zwischen 1864 und 1867 auch seine Tätigkeit als „University Lecturer“ der analytischen, optischen und physikalischen Chemie sowie
15 zwischen 1865 und 1868 als Dekan der School of Mining and Practical Engineering. 1869 beginnt dann auch die interessante Reihe von Referaten über amerikanische chemische Arbeiten für die „Berichte“ der Deutschen Chemischen Gesellschaft, die Gibbs bis 1877 fortge-
20 führt hat.

1871 wurde der Chemie-Unterricht an der Harvard-Universität reorganisiert. Das wissenschaftliche Unterrichtslaboratorium, dessen Vorsteher Gibbs war, wurde mit dem gleichartigen Institut an dem Harvard-College
25 vereinigt und nach Boylston Hall verlegt, wo es unter die Leitung von Prof. Josiah Parsons Cooke kam, der zu jener Zeit, wie auch noch viele Jahre später erster Professor der Chemie in der „academic“ Fakultät der Harvard-Universität war. Durch diese Veränderung wurde
30 Gibbs von dem Elementarunterricht der Studenten entlastet, und es blieb ihm von jetzt an mehr freie Zeit für seine eigenen Untersuchungen übrig. Die Neuerung

brachte aber den Nachteil mit sich, daß seinem anregenden Einfluß eine größere Zahl von jungen Männern entzogen wurde, die sonst durch sein Beispiel und seine Anleitung wohl zu größeren Leistungen angefeuert worden wären. Um jene Zeit änderte Gibbs auch den Charakter seiner Vorlesungen, in welchen er sich von nun an im wesentlichen mit der Spektroskopie und der Thermodynamik beschäftigte.

Für seine Arbeit im Laboratorium hatte Gibbs einen Privatassistenten zur Verfügung; im übrigen begnügte er sich mit einer äußerst bescheidenen apparativen Ausrüstung, unter welcher beispielsweise ein gewöhnlicher Kochherd als seine hauptsächlichste Wärmequelle diente.

Nicht lange danach — im Jahre 1877 — begann Gibbs ein neues Gebiet zu bearbeiten, indem er sich dem Studium der komplexen Säuren zuwandte; auf die hierher gehörenden Untersuchungen werden wir noch später gelegentlich der eingehenderen Schilderung seiner Lebensarbeit zurückkommen müssen. Erst als 1884 das neue, nach Jefferson benannte physikalische Laboratorium der Harvard-Universität erbaut wurde, bekam Gibbs in diesem Gebäude bequeme Arbeitsräume, die er dann drei Jahre hindurch innegehabt hat. Im Jahre 1887 erhielt Gibbs den Titel eines Professors emeritus der Harvard-Universität und zog sich nun auf sein Landgut nach Newport in der Gibbs Avenue zurück, wo seine Familie schon vor langer Zeit Grundbesitz erworben hatte. Hier richtete er sich ein Privatlaboratorium ein und setzte mit Hilfe mehrerer Assistenten seine Arbeiten auf allen den Gebieten fort, die ihn schon in früherer Zeit interessiert hatten; gleichzeitig nahm er aber auch

die Bearbeitung einiger Probleme aus der physiologischen Chemie in Angriff. Länger als zehn Jahre hindurch ist dann in diesem Laboratorium sehr eifrig gearbeitet worden, und erst ein sehr hohes Alter und zunehmende
5 Gebrechlichkeit wurden die physischen Gründe, daß Gibbs seine experimentelle Tätigkeit einstellte.

Neben diesen akademischen und rein chemischen Arbeiten widmete sich Gibbs zu verschiedenen Zeiten seines Lebens auch anderen Aufgaben, unter denen einige im
10 besonderen nationale Ziele verfolgten. So machte er, als 1861 der große Bürgerkrieg ausbrach, unter Betätigung von großem Patriotismus und tiefem Verständnis für die allgemeinen Angelegenheiten, seinen Einfluß auf das Exekutiv-Komitee der „Sanitary Commission" gel-
15 tend, und regte die Gründung des „Union League Club" an — einer Gesellschaft, „which should be devoted to the social organisation of sentiments of loyalty to the Union". Am 30. Januar 1863 fand dann in seinem Hause eine Versammlung statt, in welcher dieser Plan bespro-
20 chen und die Gründung eines Klubs mit dem angedeuteten Zweck beschlossen wurde. Obwohl Gibbs in der Öffentlichkeit niemals eine hervorragende Rolle gespielt hat, war er doch auch in seinem späteren Leben immer gern bereit, seine Kenntnisse in den Dienst des Staates
25 zu stellen. So erstattete er als Beauftragter der Regierung für die Weltausstellung in Wien (1873) einen ausführlichen Bericht über die Apparate für physikalische Untersuchungen. Unter den weiteren Berichten, die er verfaßt hat, betrifft einer die Zölle auf Sämereien, wäh-
30 rend sich mehrere andere mit verschiedenen chemischen Gegenständen beschäftigen.

Im Jahre 1863 finden wir ihn unter den Begründern der

National Academy of Science. Diese Akademie ist die exklusivste unter den wissenschaftlichen Gesellschaften Amerikas; sie nimmt aus den hauptsächlichsten gelehrten Disziplinen nur etwa je ein Dutzend Vertreter auf und besteht im ganzen vielleicht aus kaum hundert Mit- 5
gliedern. Die Wahl zu ihrem Mitglied gilt deshalb als eine hohe Auszeichnung. Die National Academy of Science stand ihm wohl am nächsten unter den verschiedenen Gesellschaften, denen er angehört hat; mehrere Jahre war er als ihr Vizepräsident und später auch — von 10
1895 bis 1901 — als ihr Präsident tätig. Der American Association for the Advancement of Science hat Gibbs als auswärtiger Sekretär, 1866 auch als Vizepräsident und 1897 als Präsident Dienste geleistet. Ferner war er lange Jahre hindurch Mitglied der American Academy of Arts 15
and Sciences of Boston. Mit Rücksicht auf seine hohe Bedeutung als Chemiker wurde Gibbs zum Ehrenmitglied der American Philosophical Society of Philadelphia ernannt, und in gleicher Eigenschaft gehörte er auch der Amerikanischen, der Englischen und der Deutschen 20
Chemischen Gesellschaft an. Von der letzteren war er im Jahre 1883 zum Ehrenmitglied erwählt worden. Zwei Jahre später ernannte ihn die Königl. Preußische Akademie der Wissenschaften zum korrespondierenden Mitglied: eine große Ehrung, die nur selten einem amerikanischen 25
Gelehrten zuteil geworden ist. Der British Association for the Advancement of Science hat Gibbs ebenfalls als korrespondierendes Mitglied angehört. Den Grad eines LL. D. (Legum doctor) erhielt Gibbs vom Columbia College 1873, von der Harvard-Universität 1888, von 30
der Columbian University in Washington 1895 und von der Universität in Toronto 1897. Als eine besondere

Auszeichnung wurde ihm der gleiche Titel in absentia 1902 auch von der Universität in Pennsylvania verliehen.

Unter den kleineren Diensten, die er der Wissenschaft geleistet hat, seien noch seine Tätigkeit für das Rumford-Committee der American Academy of Arts and Sciences genannt. Dreißig Jahre hindurch (von 1864–1894) stellte er seine Arbeitskraft in den Dienst dieses Komitees; und sein Einfluß war auch der ausschlaggebende Faktor dafür, daß die Rumford-Medaille bereits 1880 an J. Willard Gibbs[9] in New Haven verliehen wurde, lange bevor weitere Kreise die Leistungen dieses großen Physikers ihrer fundamentalen Bedeutung nach zu würdigen wußten. Dieses Beispiel möge als Illustration für die Tatsache dienen, daß Gibbs, obwohl er im wesentlichen experimentell tätig war, doch als einer der ersten zu gelten hat, die unter den amerikanischen Chemikern die Wichtigkeit der Thermodynamik richtig einschätzten.

Zur bleibenden Erinnerung an alles das, was Wolcott Gibbs geleistet hat, sind seine Züge in Form eines Basreliefs über der Haupttür zum westlichen Eingang des Kapitols in Washington eingemeißelt worden.

Im Jahre 1853 hatte sich Gibbs mit Josephine Mauran, der Tochter von Oroondates und Martha Eddy Mauran verheiratet. Seine Frau ist bereits vor vielen Jahren gestorben. Nur weniger Worte bedarf es, um den ruhigen, durch besondere Ereignisse kaum bewegten Verlauf seines Alltaglebens zu schildern. Seine Mannesjahre verlebte er teils in New York, teils in Cambridge, wie es gerade die akademische Stellung, die er inne hatte, erforderte; schließlich brachte er Winter und Sommer in Newport auf Rhode Island zu, einer der schönsten und vornehmsten unter den amerikanischen Sommerresiden-

zen. Hier verwendete er viel Zeit auf die Anlage und Instandhaltung eines ganz entzückenden Gartens, der interessante und wertvolle Blumen in großer Zahl enthielt. Diese anmutige Liebhaberei hat einen freundlichen Schimmer auch noch über die Jahre verbreitet, als seine 5 Kräfte abzunehmen begannen. Am 9. Dezember 1908 ist Wolcott Gibbs dann im Alter von nahezu siebenundachtzig Jahren entschlafen. Er wurde in der Familiengruft zu Newport beigesetzt. Zur Zeit seines Todes war Gibbs der Senior unter den Professoren, deren Namen in 10 den Listen der Harvard-Universität geführt worden.

Im Folgenden soll nunmehr eine etwas eingehendere Schilderung der wissenschaftlichen Lebensarbeit von Wolcott Gibbs gegeben werden, bei welcher eine chronologische Betrachtung als die zweckmäßigste erscheint. 15 Sein erster Versuch, selbständiger Forscher zu werden, bestand, wie schon erwähnt, in dem Vorschlag, als inaktiven Pol einer elektrischen Batterie die Kohle zu verwenden. 1845 verfaßte er dann eine Dissertation über chemische Klassifizierung, und kurz darauf veröffent- 20 lichte er mehrere Abhandlungen analytischen Charakters, darunter auch eine Mitteilung über die Bestandteile des Sirocco-Staubes (1851) und eine Beschreibung über die Verwendbarkeit von Bleisuperoxyd für die Abscheidung des Mangans. Während der zehn Jahre, die der Erwer- 25 bung des Doktorgrades folgten, schrieb er mehrere Abhandlungen aus dem Gebiet der chemischen Strukturlehre, sowie über andere Gegenstände theoretischer Art.

Im Jahre 1855 erschien, nachdem Gibbs inzwischen das 34. Lebensjahr erreicht hatte, eine seiner wichtigsten 30 Abhandlungen, in welcher er zum ersten Mal von seinen

Untersuchungen über die Kobalt-Ammoniak-Basen Mitteilung machte. Sie wurde nicht nur im Silliman-Journal, sondern auch von der Smithsonian-Institution veröffentlicht. In dieser Untersuchung, die er in Gemeinschaft
5 mit F. A. Genth ausgeführt hatte, unterschied er zum ersten Male klar zwischen den Roseo-, Purpureo- und Luteo-Verbindungen, über welche Klassen von Körpern bereits Arbeiten von Claudet, Fremy,[10] Rogojski und Gregory vorlagen. Im November 1852 hatte Gibbs die
10 Reihe der Xanthokobaltamminsalze aufgefunden. In der diese merkwürdigen Substanzen behandelnden Abhandlung beschrieb er nicht allein deren Darstellung, Analyse und Verhalten, sondern besprach auch ihre Kristallform, welche Dana im Laufe der Untersuchung
15 bestimmt hatte.

1856 veröffentlichte Gibbs dann eine kurze Mitteilung über die Verwendbarkeit des Wasserstoffes als Normalgas für Vergleichszwecke bei der Ausführung von Dampfdichtebestimmungen; im nächsten Jahre folgten mehrere
20 Notizen strukturchemischen Inhalts und eine Abhandlung über Atomgewichte.

In das Jahr 1858 fällt der erste Hinweis auf sein Interesse für die Platinmetalle: in einer vorläufigen, gemeinschaftlich mit Genth publizierten Notiz beschäftigte er
25 sich zunächst mit einer neuen Base, welche Osmium und die Elemente des Ammoniaks enthielt. 1860 und 1861 folgten zwei weitere kurze Mitteilungen über die zur Gruppe des Platins gehörenden Metalle, aber erst 1862 schloß sich an diese eine umfangreichere Abhandlung an,
30 in welcher er auch einige neue Methoden zur Trennung der Elemente dieser Klasse beschrieb. Diese Untersuchung setzte er dann nach seiner Übersiedelung nach

Cambridge fort; 1864 gab er eine weitere Abhandlung in den Druck, welche ebenfalls die Platinmetalle zum Gegenstand hatte. Diese Arbeiten sind ebenso wie seine Untersuchungen über die Kobaltamminbasen von grundlegender Bedeutung geworden und müssen noch jetzt von 5 allen denen gründlich studiert werden, die jenes Gebiet zu beherrschen wünschen. In jene Zeit fallen ferner verschiedene andere Veröffentlichungen aus dem Gebiet der analytischen Chemie, die in der Bibliographie am Schluß dieses Nachrufs mit ihren Titeln aufgeführt wor- 10 den sind.

Wie die meisten Chemiker jener Epoche, wurde auch Gibbs von den glänzenden Entdeckungen, die wir Kirchhoff und Bunsen [11] verdanken, in hohem Maße angeregt; unter ihrem Einfluß wandte er sich ebenfalls spektro- 15 chemischen Problemen zu und veröffentlichte bereits 1863 eine kurze Notiz, in der er eine neue Form des Spektroskops beschrieb. Im gleichen Jahr erschien noch seine Mitteilung über das Spektrum des Natriums. Mehrere Jahre hindurch hat dann das Spektroskop ständig 20 sein Interesse in Anspruch genommen, und in jener Zeit konstruierte er auch ein ungewöhnlich großes Instrument dieser Art mit einer großen Zahl von Prismen und mit außerordentlich vollkommenen und großen Linsen. Dieses Instrument machte er der Harvard-Universität zum 25 Geschenk, und dort findet es noch jetzt Verwendung, so oft im chemischen Laboratorium eine Arbeit ausgeführt wird, bei welcher ein Apparat von starker optischer Wirksamkeit notwendig ist.

Kurze Zeit darauf (1865) veröffentlichte Gibbs eine 30 Abhandlung, in der sich zum ersten Male die Beschreibung einer Arbeitsmethode findet, bei welcher man mit-

tels des galvanischen Stromes Kupfer und Nickel in einer direkt zur Wägung geeigneten Form ausfällen kann; hierdurch bereicherte er die analytische Chemie mit einer einfachen Methode zur Abscheidung der Metalle aus allen Lösungen, die Kupfer oder Nickel enthalten. Der späterhin von dem Deutschen Luckow erbrachte Nachweis, daß er die gleiche Methode zur Ausfällung des Kupfers schon vor Gibbs angewendet hatte, vermag der Originalität der Gibbsschen Idee keinen Abbruch zu tun, denn dieser hatte bei Veröffentlichung seiner Mitteilung noch keine Kenntnis von der Arbeit Luckows.

Durch seine Untersuchungen über die komplexen Kobalt- und Platinverbindungen wurde Gibbs dann auf einige Lücken und Mängel in der damals allgemein angenommenen Theorie einer Quantivalenz der Elemente aufmerksam, und so veröffentlichte er 1867 eine theoretische Abhandlung über Molekularverbindungen im allgemeinen. In dieser Mitteilung sprach er die Vermutung aus, daß der Sauerstoff im Krystallwasser vierwertig sein könne. Im gleichen Jahr beschrieb er ein unter Zuhilfenahme von Sand und zerstoßenem Glas hergestelltes Filter, das dann in der Folgezeit mehrfach modifiziert worden ist und sich schließlich unter den Händen von F. A. Gooch [12] in die heute wohlbekannte Form des Gooch-Tiegels verwandelt hat.

Im Jahre 1868 erhielten die Arbeiten von Gibbs eine neue Richtung: es erschien seine Untersuchung über die Harnsäure, in welcher er einige neue Methoden zu ihrer Reindarstellung beschrieb und gleichzeitig auch einige vorläufige Mitteilungen über die Struktur der Säure einflocht. Dieses Thema behandelte er dann im nächsten Jahre weiter; die ganze Zeit hindurch erschienen aber

gelegentlich wieder Mitteilungen, die sich mit Gegenständen aus der analytischen oder spektroskopischen Chemie beschäftigten. Auch im Jahre 1870 betraf seine Hauptveröffentlichung die Spektroskopie: er empfahl als durch ein besonders hohes Zerstreuungsvermögen aus- 5
gezeichnete Flüssigkeit zur Füllung von Hohlprismen eine Lösung von Phosphor und Schwefel in Schwefelkohlenstoff. Erwähnt sei noch, daß er 1869 — wahrscheinlich als erster — die Anwendung eines Vergleichsrohres als einfachstes Hilfsmittel für solche gasanalytischen 10
Arbeiten vorgeschlagen hatte, bei welchen man die Ermittlung von Temperatur und Druck umgehen möchte.

Bis zum Jahre 1873 erschien nun von Gibbs keine weitere Abhandlung; dann aber begann er in Sillimans Journal eine weitere Reihe von Notizen analytischen 15
Charakters zu publizieren, denen sich bald neuere Untersuchungen über die 6-atomigen Kobaltammin-Derivate anschlossen. Als wichtigster Teil dieser Abhandlungen ist die Beschreibung der Flavoverbindungen hervorzuheben, einer neuen Klasse von Dekaamminen des Ko- 20
balts, in welchen vier Nitrogruppen vorhanden sind. Diese Körper werden jetzt oft Xanthokobaltchloronitrat usw. genannt. Der Unterschied zwischen den Xantho- und den Flavoderivaten liegt darin, daß die ersteren auf jedes Kobalt-Doppelatom zwei, die letzteren aber vier 25
Nitrogruppen enthalten. In allen diesen komplizierten Arbeiten sind Gibbs gelegentlich Irrtümer in der Interpretation der einzelnen Verbindungen untergelaufen, welche jedoch nicht ins Gewicht fallen, wenn man die verwirrende Vielgestaltigkeit der Kobaltammine in Be- 30
tracht zieht, und welche auch die Dankbarkeit nicht verringern können, die ihm die chemische Welt für seine

Mühewaltung und die in allen Hauptpunkten sehr genaue und zuverlässige Untersuchung dieser Körperklasse schuldet.

Im gleichen Jahr schob Gibbs dann in seine analytischen
5 Veröffentlichungen die Beschreibung eines mit einem Gebläse verbundenen Ringbrenners ein, der zum Erhitzen des oberen Teiles einer Flüssigkeit im Tiegel dient.

Hieran schloß sich unmittelbar die Bekanntgabe eines geistreich ersonnenen porösen Diaphragmas an, das
10 mechanische Verluste verhüten sollte, die der Analytiker so oft erleidet, wenn er in dem bekannten Rose-Tiegel im Wasserstoffstrom erhitzt.

Die beiden folgenden Jahre brachten in den Proceedings der American Academy zusammenfassende Abhand-
15 lungen über die Kobaltammin-Verbindungen, die im ganzen etwa sechzig Seiten beanspruchten; überhaupt hat Gibbs um diese Zeit seine Aufmerksamkeit im wesentlichen diesen Basen zugewandt und das Spektroskop mehr in den Hintergrund treten lassen. 1877 erschien
20 seine erste Abhandlung über einen nicht weniger schwierigen und komplizierten Gegenstand: die komplexen Säuren. Mit dieser Mitteilung wandte sich Gibbs, der unsere Kenntnisse in bezug auf höchst verwickelt zusammengesetzte anorganische Basen schon so wesentlich
25 erweitert hatte, nunmehr diesen Säuren zu, in deren Molekül sich ebenfalls eine ganze Reihe von Elementen vereinigt findet. Auf dieses eine unermüdliche Ausdauer erfordernde Thema verwandte er von Zeit zu Zeit, so lange er überhaupt noch arbeiten konnte, immer wieder
30 eine ganze Reihe von Monaten. In der oben erwähnten ersten Veröffentlichung zog er bis zu einem gewissen Grade allgemeiner gültige Schlüsse aus den älteren Un-

tersuchungen und beschrieb gleichzeitig mehrere neue, komplizierte Wolframate und Molybdate. In den folgenden Jahren setzte er dann diese Untersuchungen fort, wobei er sich mit den Salzen des Kaliums, Ammoniums, Zinks und anderer Metalle beschäftigte und eine große 5 Zahl bis dahin noch unbekannter kristallisierter Substanzen auffand. Er bemühte sich hierbei, ebenso wie bei Gelegenheit seiner früheren Arbeiten über die Kobaltamminbasen, diese sehr komplizierten Verbindungen durch Strukturformeln auszudrücken, die wir jedoch heutigen 10 Tages zum Teil nicht mehr gelten lassen können. Es muß auch als möglich zugegeben werden, daß Gibbs in jener schon weit zurückliegenden Zeit, in welcher die Kenntnisse über feste Lösungen und isomorphe Gemische weit weniger sichere waren als jetzt, hierbei gelegentlich 15 auch isomorph kristallisierende, ihrer Art nach nicht genau bestimmte Gemische für definierte chemische Individuen gehalten hat, und daß die Zahl der in Wirklichkeit selbständig existierenden Verbindungen nicht ganz so groß ist, als es auf Grund seiner Arbeiten scheinen könnte. 20 Trotzdem kann kein Zweifel darüber herrschen, daß er auch auf diesem schwierigen Gebiet unsere Kenntnisse wesentlich durch Entdeckung einer großen Zahl von neuen komplexen Säuren erweitert hat, die schon durch die Mannigfaltigkeit in ihrer Zusammensetzung unser 25 Interesse anregen müssen, da in ihnen nicht nur die bereits erwähnten Elemente, sondern auch noch Phosphor, Arsen, Antimon und Vanadium vorkommen. In dem Zeitraum von 1879–1885 hat er dann zu diesem Kapitel eine lange Reihe von Abhandlungen beigesteuert, die in 30 den Proceedings der American Academy of Arts and Sciences abgedruckt sind.

Von 1886 ab wandte er seine Aufmerksamkeit den platinhaltigen komplexen Stoffen zu, für deren Bearbeitung er durch seine älteren Versuche über die Platinmetalle und die späteren Arbeiten über die komplexen Säuren und Basen besonders geschult war. Mit dieser Körperklasse hat er sich dann auch noch beschäftigt, als ihn das hohe Alter bereits an der Ausführung eigener experimenteller Arbeiten hinderte. Seine letzte Veröffentlichung über komplexe, anorganische Säuren, die nicht nur Platin und Gold, sondern auch Silicium, Selen, Tellur, Zer und andere Elemente neben den bereits erwähnten enthalten, ist erst 1894 erschienen.

In Gemeinschaft mit Hare und Reichert begann Gibbs 1889 die toxische Wirkung einer Reihe von organischen Substanzen auf Tiere zu studieren. Zu den Arbeiten dieser Gattung befähigten ihn besonders seine medizinischen Vorkenntnisse, die er zwar schon in früher Jugend gesammelt, inzwischen aber keineswegs vergessen hatte. Bei diesen physiologischen Untersuchungen beschäftigte er sich mit dem Verhalten der Nitrophenole, der Nitroaniline, der Amino- und Nitrobenzoesäuren, der Kresole, der aromatischen Hydrazine, des Nitrobenzols und Acetamids, sowie verschiedener anderer Amide und Anilide, ferner des Resorcins, Brenzcatechins, Phloroglucins und Pyrogallols. Durch systematische Heranziehung von Substanzen, die zueinander in genetischen Beziehungen stehen, bemühte er sich hierbei, die Wechselwirkung zwischen chemischer Konstitution und physiologischem Verhalten aufzuklären. Obgleich Untersuchungen dieser Art nur einen Anfang darstellen und zur Deutung ihrer Ergebnisse die Koordination noch mancher Variablen erfordern, so erscheint die Grundidee, von der Gibbs

ausging, doch so wichtig, daß man nicht zu fürchten braucht, den Wert dieser Studien zu überschätzen. Denn das ganze Leben hängt von der Einwirkung ab, die gewisse Substanzen gegenseitig auf einander ausüben, deren Struktur von vitaler Bedeutung für das Tier ist. Solche Untersuchungen, so schwierig sie auch zu interpretieren sind, tragen doch die Verheißung in sich, uns weit bestimmtere Aufklärungen zu geben, als jene roheren, physiologischen Arbeiten, die sich nur mit dem gesamten Eingang und Ausgang von Stickstoff beschäftigen, oder sich eines ähnlichen Verfahrens bedienen, bei welchem auf die strukturellen Beziehungen zwischen der zugeführten Nahrung und den Zellen des Körpers keine Rücksicht genommen wird.

In der Zwischenzeit (1893) hatte Gibbs dann noch die Bearbeitung eines neuen Gebietes in Angriff genommen, das schon für sich allein ein Menschenleben ausfüllen könnte: die Untersuchung der seltenen Erden, die im Zerit, Samarskit, Gadolinit und Fergusonit vorkommen. Im Laufe dieser Arbeiten beschrieb er eine neue Methode zur approximativen Bestimmung von Atomgewichten der in Rede stehenden Elemente mit Hilfe der Oxalate. Er teilte hierbei den getrockneten Niederschlag des unlöslichen Oxalats in mehrere Portionen; einige der letzteren verglühte er und wog die hinterbleibenden Oxyde; andere titrierte er mit Permanganat und ermittelte so die in ihnen vorhandene Oxalsäure. Auf diesem Wege konnte er das Äquivalentgewicht der betreffenden Oxyde mit größter Leichtigkeit und mit einer vielleicht innerhalb zweier Zehntel eines Prozentes liegenden Genauigkeit bestimmen. Wenn dieses Verfahren auch nicht als ein zuverlässiges Hilfsmittel zur Ermittlung von Atomgewich-

ten angesprochen werden kann, so leistet es doch recht nützliche Dienste, sobald es nur auf annähernd richtige Werte ankommt und man sich etwa nur über das Fortschreiten einer Trennung durch fraktionierte Kristallisa-
5 tion zu orientieren wünscht.

Die Arbeiten über die seltenen Erden waren der letzte Gegenstand, mit dem Gibbs sich beschäftigte, und da ihm nur noch wenige Jahre zur Bearbeitung dieses Themas übrig blieben, so sind die erreichten Fortschritte nicht
10 mehr sonderlich große; immerhin sind auch noch hier seine Leistungen bedeutend genug, um seinem Namen bei der Behandlung gewisser Fragen aus diesem Gebiet eine dauernde Erinnerung zu sichern.

Wenn man die so mannigfaltigen Abhandlungen dieses
15 Pioniers der amerikanischen Chemie durchliest, erstaunt man immer wieder über die Weite des Forschertriebes, der sich in ihnen kundgibt. Kaum findet man ein Feld in dem so ausgedehnten Bereich der Chemie und Physik, dem Gibbs nicht seine Aufmerksamkeit und Sympathie
20 zugewendet hätte, und so hat denn auch eine ungewöhnlich große Zahl von Kapiteln durch seine experimentelle Arbeit Förderung erfahren. Allerdings darf es uns unter diesen Umständen nicht überraschen, daß Gibbs hierbei gelegentlich an Stelle eines vollendeten Gemäldes nur
25 eine Skizze hinterlassen hat; denn es würde das Maß dessen, was ein Mensch überhaupt zu leisten vermag, weit überstiegen haben, wenn er jeden der so weit auseinander liegenden Gegenstände mit gleicher Gründlichkeit hätte durcharbeiten wollen. Wenn man nun auch
30 nicht vergessen darf, daß in jenen Tagen das Vollbringen einer wissenschaftlichen Leistung weit eher möglich war, als jetzt, wo bereits jedes einzelne Arbeitsfeld so gründ-

lich beackert ist, so wird man doch zugeben müssen, daß Gibbs selbst für einen Chemiker des vorangegangenen Jahrhunderts sicherlich viel umfassender gearbeitet hat, als dies damals gewöhnlich der Fall war. Er war eben ein geborener Pfadfinder und ungewöhnlich reich an frucht- 5 baren Ideen: bei ihm löste ein Gedanke so rasch den anderen ab, daß keiner von ihnen völlig ausreifen konnte.

Die ganze Reihe von Jahren hindurch hat Gibbs Mitarbeiter zur Verfügung gehabt; unter diesen befanden sich, neben den bereits genannten, F. A. Gooch, W. W. 10 Jewett, Morris Loeb, S. P. Mulliken, H. E. Sawyer, ferner Hare und P. Reichert. Von seinen Schülern aus den Tagen der Lawrence Scientific School seien die folgenden genannt: J. M. Crafts, F. W. Clarke, E. R. Taylor, S. P. Sadtler, C. H. Wing, T. M. Chatard und 15 C. E. Munroe.[13] Wie schon erwähnt, brachten ihn die besonderen Umstände, unter denen er seine akademische Laufbahn begann, aber nur mit wenigen Schülern in engere Berührung. Dies ist um so mehr zu bedauern, als sein enthusiastischer Geist, seine unermüdliche Ener- 20 gie, seine freimütige Anerkennung alles Guten und nicht zum wenigsten seine warme Menschenfreundlichkeit ihn allen denen lieb und wert machten, die ihn kannten. Wer aber so glücklich war, ihm als Schüler oder als Kollege näher zu treten, wird ihm immer eine treu erge- 25 bene Dankbarkeit bewahren, und für alle Zeit wird ihm ein Ehrenplatz unter den Pionieren der amerikanischen Wissenschaft gesichert bleiben.

TH. W. RICHARDS: *Berichte d. D. Chem. Gesellschaft*, **42**, 5037 (1909).

XXXIII. Wöhler an Berzelius

KASSEL 28. Januar 1835.

Lieber Herr Professor! Es ist eine Sünde und Schande, daß ich Ihren lieben Brief vom 19. Dez. so lange unbeantwortet gelassen habe. Ich begreife selbst nicht wie es kommt, denn ich denke täglich, ja ich kann fast sagen stündlich an Sie. Ich habe heute gar nichts zu sagen, was nur im entferntesten der Mühe wert wäre, den weiten Weg von hier nach Schweden gehen zu lassen. Es ist nur überflüssiges Geschwätz, vergleichbar mit einem müßigen Besuch, den man bei einem guten Freund macht bloß um ihn einmal zu sehen, mit ihm zu sprechen. Ich kann nichts Wissenschaftliches mitteilen, denn leider komme ich zum Arbeiten gar nicht, und auch vom Lehrbuch weiß ich nichts weiter zu sagen, als daß vom IV. Bd. der 24te Bogen, und vom V. Bd. der 8te Bogen fertig gedruckt ist. Ich muß bemerken, daß ich den Fehler in der Alaun-Formel ($\dot{K}\ddot{S}$), den der dumme Setzer stehen gelassen hat, bereits gefunden hatte, und daß diese Seite umgedruckt wird. Ebenso ist in derselben Formel auf einer Seite im V. Bd. ein Fehler enthalten, der aber glücklicherweise sich nur in den Aushängebogen befindet, und vor dem Abdruck der ganzen Auflage verbessert werden konnte. Diese verdammten Formeln erfordern die größte Aufmerksamkeit, und gerade diejenigen, die einem am geläufigsten sind, die ordinärsten, erfordern die allergrößte. Wegen der Feiertage, sowie auch wegen Mangels von Typen für die chemischen Zeichen, ist der Druck des V. Bds. nicht weiter als bis zum Titel der Tabellen gelangt. Erst in diesen Tagen ist eine Probe von diesen gesetzt worden, wobei es sich dann ergeben hat, daß es

ganz unmöglich ist, alle Kolumnen einer Tabelle auf einer Seite zu bringen, und daß wir gezwungen sind, für eine Tabelle jedesmal zwei gegeneinander überstehende Seiten zu nehmen. Auf die eine Seite kommen die Namen und Formeln, auf die gegenüberstehende (und 5 zwar mit Beobachtung der größten Deutlichkeit und Bequemlichkeit für das Aufsuchen), die Zahlen-Kolumnen.

Von Mitscherlich[1] habe ich seitdem kein Wort gehört. Auch habe ich es für überflüssig gehalten, ihm zu schreiben, und ihm die Beendigung des Drucks der Propor- 10 tionslehre anzuzeigen, da er schon längst weiß, wie wir es damit, in Beziehung auf seine Kristallographie halten wollten, und daß ich mich durch ihn in meinen Arbeiten nicht aufhalten lasse.

Ich danke Ihnen für die Mitteilung über die riechende 15 Materie im Branntwein. Ich habe ebenfalls nichts weiter darüber herausgebracht. Kurios genug, hatte auch ich den Versuch mit dem Baumöl gemacht.

Nichts konnte mir angenehmer sein, als zu hören, daß auch Sie für die Verbannung der organischen Teile aus 20 meinem Kompendium stimmten, wodurch mir denn die Redaktion der neuen Auflage höchst bequem gemacht worden ist. Freilich werde ich dadurch genötigt, früher oder später einmal ein in demselben Sinne abgefaßtes Kompendium der organischen Chemie zu schreiben, denn 25 etwas der Art muß man beim Unterricht zu Grunde legen, und ich glaube, daß diese Konzentration und Kürze dabei die zweckmäßigste Form ist. In der neuen Auflage also werden Sie so wenig etwas von der Essigsäure als vom Benzol und dergleichen finden. Dafür habe ich aber in 30 der Kürze die Zeichen-Lehre eingeflickt, da auch bei den Demonstrationen in der Vorlesung an der Tafel der Ge-

brauch der Zeichen so höchst bequem ist. — Von Liebig[2] und Poggendorff[3] ist es doch recht unüberlegt gehandelt, daß sie die neue Abänderung in den Formeln (OH_2C_2 etc.) einführen wollen.* Sie werden doch gewiß etwas 5 gegen diese ganz unnütze, nur verwirrende Neuerung sagen. Ich bin überzeugt, daß nur zwei Umstände an dieser schlechten Verbesserung Schuld sind, (1) die mathematischen Exponenten-Ideen von unserm guten Poggendorff, und (2) vielleicht die Bequemlichkeit und 10 Ökonomie des Druckers, nicht durchgestrichene Buchstaben machen zu lassen.

Ich gratuliere zur Brenztraubensäure. Die organische Chemie kann einen jetzt ganz toll machen. Sie kommt mir wie ein Urwald der Tropenländer vor, voll der merk- 15 würdigsten Dinge, ein ungeheures Dickicht, ohne Ausgang und Ende, in das man sich nicht hinein wagen mag.

In unseren Zeitungen stand, daß Sie Vizepräsident der Akademie der schönen Wissenschaften geworden sind, wozu ich also ebenfalls herzlich zu gratulieren habe.

Von ganzem Herzen

Ihr

WÖHLER.

O. WALLACH: *Briefwechsel zwischen Berzelius und Wöhler*, Band 1, Seite 603.

* Schon hatten Liebig und Poggendorff erklärt, daß sie in ihrem Handwörterbuch künftighin die durchgestrichenen Buchstaben für Doppelatome ganz weglassen und die Atomziffern statt oberhalb unterhalb des Buchstabens setzen wollten. Berzelius war freilich mit dieser Neuerung wenig einverstanden.

XXXIV. Berzelius an Wöhler

STOCKHOLM d. 4. Aug. 1846.

Liebster Wöhler! Hier hast Du nun wieder Manuskript. Gott gebe, daß Du nicht darauf gewartet haben mögest. Die Brunnenkur, bei der ich gar zu wenig, höchstens ein paar Stunden täglich, schreiben konnte, der Aufenthalt in Stockholm während der ersten Hälfte 5 des Juli, wo ich nicht recht in Ruhe sein konnte, und schließlich die kleine Reise in der letzten Hälfte vom Juli haben mein Schreiben so verzögert, daß etwa die Hälfte von dem, was ich jetzt schicke, seit meiner Rückkehr geschrieben ist und das, obwohl wir während 14 10 Tage eine beständige Hitze von + 26° im Schatten und nachts nie unter + 19°, gewöhnlich aber 21° bis 22° gehabt haben. Wenn Ihr in Deutschland solch eine Hitze oder entsprechend der geographischen Breite eine noch stärkere habt, so bedauere ich Euch. Hält es so 15 noch lange Zeit an, so schmelze ich wie Chlorkalzium.

Hoffentlich hast Du meinen Brief aus Örbyhus bekommen. Ich bitte an meine Frage erinnern zu dürfen, wie es sich mit den Annalen verhält. Es liegt mir gar nicht so viel daran, sie als Geschenk zu erhalten, sondern ich 20 beziehe sie ebenso gern von einem Buchhändler, finde es aber unnötig, dies zu tun, falls die Sendung nur zufälligerweise versäumt sein sollte. Vor einigen Tagen habe ich die Hefte für März, April und Mai von Dahlström geliehen. Ich habe darin Liebigs[1] spätere Schrift gegen 25 Laurent[2] und Gerhardt[3] gelesen, die viel weniger unschicklich als die erste ist, ihr Ton gefällt mir ganz gut, denn zu höflich darf man gegen solche Männer, wie es diese beiden Franzosen sind, nicht sein. Laurents Diatribe

gegen Liebig in Quesnevilles Journal ist fast ebenso gemein wie Liebigs erste Schrift, und darin noch gemeiner, daß Laurent offenbar Liebig in bezug auf solche Dinge verhöhnt, wovon er selbst sehr gut weiß, daß die Sache in falschem Lichte dargestellt ist, aber er profitiert durch seine Annahme, daß das Publikum es nicht merken wird. Indessen ist für den, der es merkt, Laurents Ehre nicht viel wert. Ich halte ihn für einen ebenso großen Narren und Lümmel wie Löwig,[4] obgleich er ein besserer Chemiker als dieser ist.

Vor einigen Tagen schloß der Professor der Chemie in Lund, Engeström, seine Augen für immer, durch das Trinken zu Grunde gerichtet. Vermutlich wird Berlin[5] nach ihm Professor, und der Streit, der sich darüber anzuspinnen begann, wer im Laboratorium am meisten zu sagen haben sollte, ist also in statu nascendi beendigt.

Bei der Durchreise von Örbyhus durch Upsala besuchte ich dort Walmstedt. Er hat sich viel Mühe mit der Mineraliensammlung der Universität gemacht, die er gut geordnet hat. Auch er gedenkt von der Professur Abschied zu nehmen, da er nun die erforderlichen Dienstjahre erreicht hat, um Emeritus zu werden. Da er aber nicht einen einzigen Schüler ausgebildet hat, so ist es noch niemals vorgekommen, daß wir so arm an Aspiranten für einen chemischen Lehrstuhl waren, als gerade jetzt, wo beide chemischen Professuren an unseren Universitäten frei geworden sind. — In Upsala machte ich einen Besuch im Laboratorium, das ich seit 30 Jahren oder mehr nicht gesehen hatte und von welchem ich von meiner Studentenzeit her doch eine gewisse Vorstellung von Geräumigkeit und Zweckmäßigkeit hatte; aber wie erstaunt war ich, als ich es jetzt wiedersah. Was für ein

enges, dunkles und elendes Loch, ohne jede Einrichtung, um etwas anderes als Erzproben für das Bergwerks-examen zu machen. Wenn es Walmstedt gelingt, den Emeritus-Gehalt bald zu bekommen, so hoffe ich, daß ich Lars Svanberg zu seinem Nachfolger werde machen 5 können, obgleich er den Doktorgrad nicht hat; das wird in Upsala auf großen Widerstand stoßen, aber ich hoffe in dieser Frage den König, der die Sache entscheidet, zu gewinnen. Svanberg kommt jedoch ohne ein neues Laboratorium nicht aus der Stelle. — Berlin ist der ein- 10 zige Chemiker, der sich in den letzten 20 Jahren an unseren Universitäten ausgebildet hat. Also siehst Du, daß es in Schweden mit der Chemie ungefähr so steht wie in Portugal, Spanien, Ungarn oder Polen. Alle meine Arbeit ist so gut wie ohne Wirkung für unser Land gewe- 15 sen. — Ich muß mich damit trösten, wenigstens für die Nachkommen gearbeitet zu haben, was ja auch der Wahlspruch unserer Akademie der Wissenschaften ist.

Dein Freund,

BERZELIUS.

O. WALLACH: *Briefwechsel zwischen Berzelius und Wöhler*, Band 2, Seite 600.

XXXV. Geschichte des Zeitalters der Phlogistontheorie

Die iatrochemische Strömung machte allmählich, von der Mitte des 17. Jahrhunderts an, einer anderen Platz, 20 deren Vorläufer Robert Boyle war. Dieses 120 Jahre umfassende Zeitalter, welches bis Lavoisier[1] reicht, wird das der Phlogistontheorie oder der phlogistischen Chemie genannt.

Die einseitigen Theorien der Iatrochemiker waren auf die Dauer nicht haltbar. Ihre willkürlichen Erklärungen der Lebensvorgänge, sowie die gänzliche Vernachlässigung der Anatomie und Morphologie der Organe machten ihren Verfall unausbleiblich. Das ganze Streben drehte sich nur um die Herstellung und Verordnung chemischer Präparate als Arzneimittel. Nach den Lehren des Paracelsus [2] und seiner Schule war der wahre Zweck der Chemie die Arzneibereitung, während Boyle die Erkenntnis der Zusammensetzung der Körper als ihre Hauptaufgabe betrachtete. Die Chemie strebte kraftvoll danach, einen selbständigen Zweig der Naturforschung zu bilden und die Bande, welche die Medizin um sie geschlungen hatte, zu lockern und schließlich zu lösen. Eine Zeitlang blieb sie freilich noch unter dem Schutze der Heilkunde, welcher sie eine unentbehrliche Hilfswissenschaft war und bis auf den heutigen Tag geblieben ist. Als das Hauptziel der Chemie aber wurde seit Boyle die Auffindung neuer chemischer Tatsachen aus reinem Interesse an der Wahrheit erkannt und erstrebt. Seit Erfassung dieser Aufgabe kann man von der Chemie als einer Wissenschaft reden, welche ohne Rücksicht auf praktische Zwecke ein ideales Ziel auf dem Wege exakten Forschens zu erreichen strebte. Schon zu Ende des 16. und Anfang des 17. Jahrhunderts drang unter dem Einfluß der induktiven Methode ein Geist gesunder Forschung in die Naturwissenschaft ein, welcher die sich mächtig entwickelnde Physik beherrschte und sich auch allmählich der Chemie mitteilte. Das Wesen der induktiven Methode kennzeichnet der Kanzler Francis Bacon [3] treffend durch folgende Worte: „Der Mensch kann auf keine andere Weise die Wahrheit enthüllen, als durch Induktion und durch

rastlose, vorurteilsfreie Beobachtung der Natur und Nachahmung ihrer Operationen. Tatsachen muß man zuerst sammeln, nicht durch Spekulation machen."

Von großem Einfluß auf die gedeihliche Entwicklung der Chemie waren die in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts und zu Anfang des 18. ins Leben gerufenen gelehrten Gesellschaften, welche durch Veröffentlichung periodischer Schriften dafür sorgten, daß chemische Untersuchungen in weiten Kreisen bekannt wurden. 10

Der wichtigste Teil der chemischen Forschung in diesem Zeitalter betraf die Erscheinungen der Verbrennung und der analogen Metallverkalkung (Oxydation). Man erblickte seit Stahls Erklärungsversuch in dem — wie man meinte — bei jeder Verbrennung entweichenden 15 hypothetischen Feuerstoff, dem Phlogiston, das gemeinsame Prinzip der Brennbarkeit. Alle hervorragenden Chemiker jener Zeit haben diesem Problem experimentell, sowie spekulativ ihre Aufmerksamkeit zugewandt. 20

Robert Boyle hat den phlogistischen Ansichten nicht zugestimmt. Der eigentliche Ausbau der Phlogistontheorie fällt auch erst in die Zeit nach seinem Tode. Sein Leben war der Pflege der Naturwissenschaften, besonders der Chemie, geweiht. Im Jahre 1626 geboren, 25 widmete er sich frühzeitig ernsten Studien in Genf und setzte dieselben namentlich in Oxford und London fort, wo er Präsident einer gelehrten Gesellschaft bis zu seinem Tode 1691 war. Der Geist echter Naturforschung, frei von den Fesseln alchemistischer und iatrochemischer Vor- 30 stellungen, beseelte diesen edlen, bescheidenen und bewundernswerten Mann, welchem die Chemie es zu danken

hat, daß sie ihren wahren Zielen nachzustreben lernte. Boyle hat durch wichtige Beobachtungen die angewandte Chemie, die Kenntnis chemischer Verbindungen, die Analyse derselben, die Chemie der Gase, sowie die Phar-
5 mazie bereichert, ja in grundlegender Weise erweitert. Was seine allgemeine Bedeutung und die seiner theoretischen Ansichten für die Chemie angeht, so trat er mit den Waffen der Kritik gegen die aristotelischen[4] und die alchemistischen Elemente auf. Der Begriff Element
10 erhielt durch Boyle eine festere Gestalt. Er sprach als Grundsatz aus, daß die nachweisbaren, nicht zerlegbaren Bestandteile der Körper als Elemente zu betrachten seien, und warnte vor allgemeinen Betrachtungen über die Elementareigenschaften, ohne eine feste
15 Grundlage in den tatsächlichen Eigenschaften der Grundstoffe selbst gewonnen zu haben. Mit weitschauendem Blicke stellte er die Entdeckung einer viel größeren Zahl von Elementen in Aussicht, als damals angenommen wurden, und bestritt zugleich die einfache Natur mancher
20 für Elemente gehaltenen Stoffe. Über die Vereinigung der Elemente zu Verbindungen sprach Boyle zuerst mit völliger Klarheit aus, daß eine chemische Verbindung Folge von der Vereinigung zweier Bestandteile sei, und daß sie ganz andere Eigenschaften besitze, als jeder der
25 Komponenten für sich. Auf Grund dieses klaren Gedankens vermochte er einen scharfen Unterschied zwischen mechanischen Gemengen und chemischen Verbindungen zu machen.

Zur Erklärung, warum eine Vereinigung oder Zersetzung
30 stattfindet, hatte Boyle eine scharfsinnige Korpuskulartheorie aufgestellt. Nach seiner Ansicht bestehen alle Körper aus kleinsten Teilchen. Die chemische Verbin-

dung kommt durch Aneinanderlagerung der sich gegenseitig anziehenden Teilchen verschiedener Stoffe zu stande. Tritt mit dem neuen Körper ein anderer in Wechselwirkung, dessen kleinste Teilchen zu denen des ersten Körpers mehr Anziehung besitzen als unter sich, 5
dann erfolgt Zersetzung. Für die Wahrscheinlichkeit seiner Ansichten konnte er stets Beweise durch das Experiment beibringen. Die analytische Chemie verdankt ihm durch seine Arbeiten über die Zusammensetzung der Körper einen bedeutenden Aufschwung. 10
Seine Beschäftigung mit Luft und Gasen führte ihn (1660) zur denkwürdigen Entdeckung des bekannten Gesetzes, welches gewöhnlich das M a r i o t t e s c h e[5] genannt wird: Das Volumen einer Gasmasse ist dem Drucke, welchem dieselbe ausgesetzt ist, umgekehrt 15
proportional; oder die Dichtigkeit wächst im geraden Verhältnis des Druckes. Mariotte fand dasselbe im Jahre 1676. Aus dem Kreise regsamer Männer, welche mit Boyle vereint die Naturwissenschaften, besonders die Chemie, förderten, ist John Mayow (geb. 1645) hervor- 20
zuheben, welcher, obwohl praktischer Arzt, doch gerade der Chemie durch seine Beobachtungen über die Verbrennung und die Verkalkung reichen Nutzen gebracht hat. Er nahm an, daß in der atmosphärischen Luft ein Körper enthalten sei, welcher bei der Verkalkung von 25
Metallen (Oxydation) mit diesen sich vereinigt, auch im Salpeter vorhanden ist, sowie das Atmen unterhält und das dunkle venöse Blut zum hellroten arteriellen macht. Diese Anschauung hätte durch Vertiefung und Erweiterung zu der richtigen Deutung der Verbrennungsvor- 30
gänge leiten müssen. Mayows früher Tod (1679) ist vielleicht die Ursache gewesen, daß dies nicht geschah,

und daß somit die Entwicklung der neuen Chemie wesentlich verzögert wurde.

In Deutschland hatte die Chemie zur Zeit Boyles ihren namhaftesten Vertreter in *Kunkel*, welchem *Becher* anzureihen ist. In den Ansichten dieser beiden Männer finden sich die Anfänge der Phlogistontheorie. Johann Kunkel, 1630 zu Rendsburg geboren, hat als geschickter Experimentator und scharfer Beobachter auf dem Gebiet der praktischen Chemie tüchtige Leistungen aufzuweisen. Ursprünglich Pharmazeut, neigte er sich frühzeitig der Alchemie zu, was für seine ganze Laufbahn entscheidend und verhängnisvoll wurde. Er war so fest von der Möglichkeit der Metallveredlung überzeugt, daß er seine Lebensarbeit für dieses Problem einsetzte und als Alchemist im Dienste verschiedener Fürsten, auch des Großen Kurfürsten, tätig war.

Johann Becher (geb. 1635 zu Speyer) war gleichfalls als Alchemist an verschiedenen Höfen tätig.

In theoretischen Fragen über die Zusammensetzung der Körper versuchte Becher die alten Ansichten des Paracelsus in veränderter Gestalt wieder zu beleben. An Stelle des Quecksilbers, Salzes und Schwefels traten drei „Erden", aus welchen alle unorganischen („unterirdischen") Körper bestehen sollen: die *merkurialische*, die *verglasbare* und die *brennbare* (terra pinguis). Von dem Mengenverhältnis, in welchem diese drei Grunderden zusammentreten, hängt die Natur der Stoffe ab. Besonders wichtig war Bechers Auffassung, daß bei der Verbrennung von Körpern, resp. bei der Verkalkung der Metalle die terra pinguis (fette Erde) entweiche, und daß in diesem Austreten die Ursache der Verbrennung liege. Aus dieser Vorstellung entsprang

die Phlogistontheorie Stahls, dessen Wirken zum größten Teil dem 18. Jahrhundert angehört.

Georg Ernst Stahl, im Jahre 1660 in Ansbach geboren, widmete sich dem Studium der Heilkunde und erlangte in Jena, später in Halle, wohin er als Professor der Medi- 5 zin und Chemie 1693 berufen war, das Ansehen eines ausgezeichneten akademischen Lehrers und Arztes. Im Jahre 1716 zum Königlichen Leibarzt ernannt, siedelte er nach Berlin über, wo er bis zu seinem Tode 1734 erfolgreich für die Ausbreitung chemischer Kenntnisse wirkte. 10 Er betrieb die Chemie in echt wissenschaftlichem Geiste und wußte für das gleiche Ziel begeisterte Schüler heranzuziehen. Den größten Einfluß übte Stahl auf seine Zeitgenossen und die ihm nachfolgende Generation durch seine Phlogistontheorie aus. 15

Diese beruht auf der Hypothese, daß die brennbaren Körper, zu denen auch die einer Verkalkung fähigen Metalle, also die unedlen Metalle, gerechnet wurden, den hypothetischen Feuerstoff, das Phlogiston als gemeinsamen Bestandteil enthalten, welcher bei der Verbren- 20 nung und Verkalkung entweicht. Stahl verstand es, mittels desselben eine große Zahl chemischer Vorgänge einheitlich zusammenzufassen und zu deuten.

Daher hielt er es nicht für nötig, den Nachweis der wirklichen Existenz des Phlogistons zu liefern. Je hef- 25 tiger die Verbrennung eines Stoffes vor sich geht, so lehrte er, desto reicher an Phlogiston ist derselbe; Kohle, welche sich vollständig verbrennen läßt, kann als nahezu reines Phlogiston betrachtet werden. Um die ursprünglichen Körper wieder herzustellen, muß man letzteres den 30 Verbrennungsprodukten zuführen; auf solche Weise erklärt sich die „Wiederbelebung" der Metalle aus ihren

Kalken (Oxyde), welche nach Stahls Auffassung aus ersteren durch Austritt von Phlogiston entstanden sind. Durch Erhitzen der Metallkalke mit Kohle vereinigt sich das in dieser reichlichst vorhandene Phlogiston mit denselben, so daß die Metalle wieder zum Vorschein kommen (Reduktion); demnach ist der Metallkalk Bestandteil des Metalles. Das Metall besteht also aus Phlogiston und Metalloxyd. Auf gleichem Trugschluß beruht Stahls Annahme, daß der Schwefel aus Schwefelsäure und Phlogiston bestehe, also ein zusammengesetzter Körper sei. Nach diesen Anschauungen hätten die Verbrennungsprodukte als Bestandteile der ursprünglichen Körper doch leichter sein müssen als diese. Den mancherlei Beobachtungen, daß dies nicht der Fall, daß vielmehr mit der Verkalkung der Metalle eine Zunahme des Gewichtes letzterer verbunden ist, legte man keine Bedeutung bei. Die chemische Forschung des phlogistischen Zeitalters beachtete sehr wenig die Gewichtsverhältnisse der an chemischen Vorgängen beteiligten Körper; sie wandte ihre Aufmerksamkeit fast nur der qualitativen Seite der Erscheinungen zu, so daß die Aufstellung und Ausbildung der phlogistischen Lehren nur infolge der ärgsten Vernachlässigung von quantitativen Verhältnissen möglich war. Mit der Einführung der Wage als wichtiges Hilfsmittel für die chemische Forschung mußte diese irrige Theorie, welche durch die Einfachheit der Erklärungen die Geister verblendete, nach langen Kämpfen zu Falle gebracht werden.

Stahl[6] muß das Verdienst zugesprochen werden, die Erscheinungen der Verkalkung und Wiederbelebung oder der Oxydation und Reduktion, wie man diese Vorgänge heute nennt, mit Hilfe einer allerdings irrigen Hypothese

zusammengefaßt zu haben. Zufuhr von Phlogiston ist gleichbedeutend mit Reduktion, Entziehung oder Entweichung desselben deckt sich mit dem Begriff Oxydation. Die Phlogistonlehre ist der Entwicklung der Chemie keineswegs nachteilig gewesen; denn die Chemiker, welche durch weittragende Entdeckungen ihre Wissenschaft erheblich bereichert haben, wie Black, Cavendish, Marggraf, Scheele, Bergman, Priestley, waren Phlogistiker in vollem Sinne des Wortes.

Andreas Sigismund Marggraf (1709–1782) war in Deutschland der letzte und namhafteste Vertreter phlogistischer Anschauungen. Von seinen Arbeiten ist die über die Phosphorsäure hervorzuheben. Er wies nach, daß die Tonerde und die sogenannte Bittererde (Magnesia), welche früher meist miteinander verwechselt wurden, verschiedene Körper sind. Von hervorragender Bedeutung ist seine Untersuchung des Saftes der Runkelrüben, in welchem er den Rohrzucker entdeckte. Bei dieser Gelegenheit hat Marggraf das Mikroskop als wichtiges Hilfsmittel zum Nachweis charakteristischer Stoffe in die Chemie eingeführt.

Joseph Black (1728–1799), als Professor zu Glasgow und Edinburg tätig, hat durch seine für jene Zeit meisterhaften Versuche über die Kohlensäure und ihre Verbindungen mit Alkalien und Erden die Chemie mächtig gefördert. Die kohlensauren Verbindungen derselben wurden vor Black für einfache Körper gehalten. Man nahm weiter an, daß durch Brennen des Kalksteins Feuermaterie aufgenommen werde, welche beim Kaustizieren von Soda und Pottasche mittels Kalk auf diese übergehe. Black bewies durch seine Versuche, daß umgekehrt beim Glühen des Kalksteins und der Magnesia

alba etwas fortgehe, was einen Gewichtsverlust herbeiführe. Dieses Gas, von ihm *fixe Luft* genannt, weil es von den ätzenden Alkalien, Kalk etc. gebunden wird, ist, wie er nachwies, auch in den milden Alkalien (Karbonate) enthalten; diese werden zu ätzenden (Kalium- und Natriumhydroxyd), wenn ihnen die Kohlensäure durch Kalk oder Magnesia entzogen wird. Aus allen seinen Versuchen geht hervor, daß Black den Gewichtsverhältnissen der in Reaktion tretenden Stoffe große Aufmerksamkeit geschenkt hat. Seine Beobachtungen lenkten besonders die Aufmerksamkeit der Forscher auf die Gase. Die Beschäftigung mit diesen leitete die Chemie in neue Bahnen und wurde Vorbedingung für das neueste Zeitalter derselben.

Heinrich Cavendish (1731–1810) bearbeitete und bereicherte in ganz ähnlicher Weise, wie sein Landsmann Black, die Chemie. Durch seine vom physikalischen, sowie chemischen Standpunkte aus wichtigen, für jene Zeit meisterhaften Untersuchungen über den Wasserstoff, welchen er zuerst als ganz eigentümlichen, von anderen Gasen verschiedenen Körper kennen lehrte, sowie über die Kohlensäure wurde er einer der Begründer der pneumatischen Chemie und somit der neuen Ära. Er lieferte den Nachweis, daß das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, ferner den, daß die atmosphärische Luft ein *konstant* zusammengesetztes Gemenge von Stickstoff und Sauerstoff ist, daß die Salpetersäure sich durch Vereinigung der beiden letzteren Gase herstellen läßt. Obwohl Cavendish durch diese Entdeckungen das mächtigste Werkzeug zum Sturz der Phlogistontheorie schuf, sehen wir ihn dennoch bei dieser beharren und sie aufs äußerste verteidigen. Auch er

berücksichtigte die Gewichtsverhältnisse bei den Verbrennungsprozessen nicht streng genug und erklärte die letzteren auf eine ihm genügend erscheinende Art, indem er nämlich den Wasserstoff für identisch mit Phlogiston hielt.

Joseph Priestley (gest. 1804) war eigentlich Theologe und kam erst als Prediger mit naturwissenschaftlichen Fragen näher in Berührung. Er war mit einer ungewöhnlichen Gabe zu experimentieren ausgestattet und wußte, obwohl ihm eine gründliche naturwissenschaftliche Bildung fehlte, die schwierigsten Probleme der pneumatischen Chemie zu behandeln. Unter allen seinen Entdeckungen ragt die des Sauerstoffs hervor (1774). Seine schönen Versuche mit diesem Gase führten ihn jedoch nicht zur richtigen Erkenntnis der Verbrennungsvorgänge. Er blieb im Gegenteil der Phlogistonlehre treu.

Zu gleicher Zeit mit den drei zuletzt besprochenen englischen Chemikern waren in Schweden zwei hervorragende Forscher, Torbern Bergman und Karl Wilhelm Scheele, beide im Sinne und Geiste der phlogistischen Betrachtungsweise tätig. Und doch wurde diese gerade durch ihre glänzenden Entdeckungen und gediegenen Beobachtungen tief untergraben. Bergmans wichtigste Verdienste um die Chemie liegen im Bereiche der Analyse, die er durch wichtige Methoden bereicherte und systematisch behandelte. Er benutzte seine chemischen Erfahrungen zur Bestimmung und Klassifizierung der Mineralien und legte dadurch den Grund zur mineralogischen Chemie und chemischen Geologie. Durch seine Betrachtungen über die bei Verbindungen und Zersetzungen sich äußernde chemische Verwandtschaft wurde der

wissenschaftliche Charakter der Chemie bedeutend gehoben und der Überblick über die chemischen Vorgänge wesentlich erleichtert. Bergman war Professor der Physik, Mineralogie und Chemie.

5 Karl Wilhelm Scheele (1742–1786) gehört zu den hervorragendsten Chemikern aller Zeiten, obwohl er bis an sein Lebensende eifriger Anhänger der Phlogistonlehre geblieben ist. Mit 14 Jahren begann er seine Lehrzeit in verschiedenen Apotheken und wußte durch 10 eigenes Studium in Lehrbüchern und durch Übungen in der Experimentierkunst sich gediegene chemische Kenntnisse zu erwerben, so daß er imstande war, von einer Reaktion, welche selbst Bergman nicht zu erklären vermochte, nämlich der Bildung salpetrigsauren Kalis durch 15 Erhitzen von Salpeter, Rechenschaft zu geben. Scheele besaß eine wunderbare Beobachtungsgabe und verstand es, seine mit so geringen Mitteln angestellten Versuche zum Sprechen zu bringen. Einen glänzenden Beweis dafür liefern seine Untersuchungen über den Braunstein, 20 welchen viele namhafte Forscher vor ihm zum Gegenstand ihres Studiums gemacht hatten, ohne über seine Natur ins Klare gekommen zu sein. Scheele entdeckte dabei vier neue Substanzen, das Chlor, den Sauerstoff (1774), das Mangan und die Baryterde. Auch auf dem 25 Gebiete der kaum noch bebauten organischen Chemie fand Scheele überall neue Wege zur Isolierung von Produkten des pflanzlichen und tierischen Stoffwechsels. Die wahre Zusammensetzung aller dieser kohlenstoffhaltigen Verbindungen blieb allerdings selbst nach der 30 qualitativer Seite hin unerkannt.

Trotz der falschen Hypothese, welche der Phlogistontheorie zu Grunde lag, war die Chemie zu jener Zeit eine

Wissenschaft und die notwendige Grundlage der richtigen Auffassungsweise des nachfolgenden Zeitalters.

HERMANN WARNECKE: *Der Chemiker*, Seite 247.

XXXVI. Chemischer Unterricht und chemische Literatur

Wir haben im laufenden Kapitel so oft Gelegenheit gehabt, die schönen Früchte zu bewundern, welche aus einem engen Zusammenarbeiten von Theorie und Praxis 5 hervorgegangen sind. Die hierdurch erzielten Erfolge dürften nicht zum wenigsten der Sorgfalt zuzuschreiben sein, welche in dieser Zeitperiode der Ausbildung der Chemiestudierenden zugewandt wurde. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts existierten so gut wie gar keine Unter- 10 richtslaboratorien und die Lehrstühle für Chemie an den Universitäten waren nicht selbständig, sondern wurden in der Regel im Nebenamte versehen. Chemische Experimentalvorträge wurden nun zuerst in der Mitte des 18. Jahrhunderts von Rouelle in Frankreich gehalten und 15 später durch Davys[1] Bemühungen auch in England eingeführt, wo sie Berzelius zum ersten Male hörte, der so überzeugt von ihrem Vorteile war, daß er sich derselben vom Jahre 1812 an selbst bediente. In Deutschland ging ihre Einführung infolge der damals dominierenden 20 Stellung der Naturphilosophie nicht so rasch, erst gegen Mitte des 19. Jahrhunderts finden wir dieselben dank der Bemühungen von Liebig, Wöhler, Kolbe, Bunsen und A. W. Hofmann allgemein.

Die Ausarbeitung des praktischen Unterrichtes auf 25 streng wissenschaftlicher Grundlage in dem Umfange, wie derselbe heutzutage an allen Hochschulen betrieben

wird, ist das unstreitige Verdienst Liebigs. Derselbe vertrat eben entschieden die Meinung, daß der Schwerpunkt des chemischen Studiums nicht in die Vorlesungen, sondern in das praktische Arbeiten zu legen sei. Von ihm
5 stammt die systematische Einteilung des Unterrichts in qualitative und quantitative Analyse, in die Herstellung von Präparaten und in die Ausführung selbständiger Untersuchungen. Liebigs Bestreben bei seinem Unterricht war in erster Linie dahin gerichtet, seine Schüler
10 zu selbständigem chemischem Denken zu erziehen. Laboratorien, in welchen der Unterricht der Chemiestudierenden in der angedeuteten Weise, nach dem Vorbilde Gießens, gehandhabt wurde, richteten mit der Zeit alle deutschen Hochschulen ein, so Göttingen auf Veranlas-
15 sung Wöhlers in den dreißiger Jahren, Marburg durch Bunsen im Jahre 1840, Leipzig durch Erdmann im Jahre 1843 u. a.

Auch in anderen Ländern finden wir solche Institute, jedoch vorerst nicht in dem Umfange, wie in Deutsch-
20 land; es dürfte hierin auch der Grund zu suchen sein, daß Deutschland in der Bearbeitung chemischer Fragen und in der Beeinflussung der chemischen Großindustrie mit der Zeit die erste Stelle einnahm.

Hand in Hand mit der Entwicklung des praktischen
25 Unterrichts ging auch diejenige der chemischen Literatur. Abgesehen von den Lehrbüchern von Lavoisier, Thénard,[2] Mitscherlich, oder von Liebigs „Organischer Chemie", Wöhlers „Grundriß der Chemie" und ihrer Erweiterung durch Fittig, ferner Regnaults „Cours élé-
30 mentaire de chimie", Grahams[3] „Elements of chemistry" u. a., erschienen große Handbücher wie das von Gmelin, von Dammer und von Beilstein. Zu ihrer Ergänzung

entstanden noch sogenannte Handwörterbücher, z. B. von Fehling[4] oder von Ladenburg, oder das „Dictionnaire de chimie pure et appliquée“ von Wurtz.

Für die möglichst rasche Verbreitung der neuen Errungenschaften auf dem chemischen Gebiete dienten die nach und nach sich vermehrenden periodischen Zeitschriften. So wurden in Frankreich im Jahre 1878 durch Berthollet, Lavoisier und Fourcroy die „Annales de Chimie“ gegründet; sie erscheinen von 1896 an als „Annales de Chimie et Physique“. Seit 1835 werden von der französischen „Académie des sciences“ in wöchentlich erscheinenden Heften die „Comptes rendus de l'académie des sciences“ herausgegeben.

In England existierten zuerst die Schriften der verschiedenen Gelehrten-Gesellschaften, wie die „Philosophical Transactions“. Das heutige Hauptorgan ist das seit 1848 erscheinende „Journal of the Chemical Society“.

In Deutschland war die erste derartige Zeitschrift die „Annalen der Physik und Chemie“, von Poggendorff[5] im Jahre 1824 gegründet; zu denen sich dann die von Liebig im Jahre 1832 ins Leben gerufenen „Annalen der Chemie und Pharmacie“, seit 1835 den Titel „Annalen der Chemie“ führend, gesellten.

Im Jahre 1828 wurde von O. L. Erdmann das „Journal für technische und ökonomische Chemie“ gegründet, das dann im Jahre 1834 als das „Journal für praktische Chemie“ erschien. Im Jahre 1868 traten als das Publikationsorgan der Deutschen Chemischen Gesellschaft die „Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft“ ins Leben. Vorübergehend existierte vom Jahre 1857 bis zum Jahre 1871 noch eine „Zeitschrift für Chemie“ unter der Leitung von Kekulé, Erlenmeyer und Fittig. Außer-

dem gab es noch einige Zeitschriften, welche sich mehr mit Referaten beschäftigten, wie die „Jahresberichte über die Fortschritte der Chemie", das „Chemische Zentralblatt" u. a. Aber auch die anderen Länder stehen mit 5 derartigen Publikationsorganen nicht zurück; in der Mehrzahl der Fälle stehen sie in Zusammenhang mit Akademien oder Chemischen Gesellschaften, so in Holland, Italien, Österreich, Belgien, Rußland u. a.

HUGO BAUER: *Geschichte der Chemie*, Band 2, Seite 109; Nr. 265, Sammlung Göschen.

NOTES

SELECTION I

Page 1. — 1. **in der uns umgebenden Körperwelt,** *in the physical world surrounding us*, or *which surrounds us.* Study the participial construction as explained in the Introduction.

2. **Ortsveränderungen;** see the Introduction on Compound Words. Note also in the next few lines *Temperaturwechsel*, *Farbänderungen*, *vollzieht*, *Arbeitsgebiet*, *Wissenschaft*, *Versuchsbedingungen*, *verschiedenartigsten*, *Einflüssen*, etc.

3. **Rosten, Verbrennen oder Vergären,** *rusting*, *burning*, *or fermenting.* The use of the infinitive as a verbal noun (always neuter) is especially frequent in scientific German.

4. **sind . . . zu behandeln,** *are to be treated.* The infinitive with *sein* is always active in form, but is usually passive in meaning.

Page 2. — 5. **Geschehens;** see note 3 above.

6. **Antoine Laurent Lavoisier** (1743–1794), illustrious French chemist; one of the founders of modern chemistry; discovered the composition of water (1783). He was the first to prove by quantitative experiment the law of the conservation of matter. See also Selection XXXI in this book.

Page 3. — 7. **hat man chemische Vorgänge . . . vollziehen lassen,** *chemical processes have been caused to take place*, etc. The modal auxiliaries and *lassen*, *sehen*, *helfen*, and a few other verbs have two forms of the perfect participle. When is the infinitive form used?

8. **Hans Landolt** (1831–1912), professor of chemistry at the universities of Bonn and Berlin; one of the founders of physical chemistry. His chief works are *Das optische Drehungsvermögen organischer Substanzen* (1879) and *Beziehungen*

zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung (1898).

Page 4. — 9. **sind aufzufassen;** see note 4 above.

10. **Wie dem indessen auch sein mag,** *however, be that as it may.*

11. **Julius Robert von Mayer** (1814–1878), German physicist; he originated the doctrine of the conservation of energy, which was first made known to the world in his article, *Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur,* in Liebig's *Annalen,* Vol. 42, 1842.

12. **Hermann L. von Helmholtz** (1821–1894), German physicist; one of the most distinguished scientific men of the nineteenth century and an authority in several departments of science; army surgeon (1843–1847); professor of physiology (1849–1871) at the universities of Königsberg, Bonn, and Heidelberg; 1871–1892 professor of physics at Berlin University; distinguished himself in both experimental and mathematical physics; invented the ophthalmoscope; developed the electromagnetic theory of light. His chief works are *Über die Erhaltung der Kraft* (1847), *Die Lehre von den Tonempfindungen* (1863), *Handbuch der physiologischen Optik* (1866).

13. **kg, m;** all abbreviations are entered in alphabetical order in the vocabulary.

14. **$980{,}6 \cdot 10^5$ Erg;** read: *neunhundertachtzig, Komma, sechs mal zehn, fünfte Potenz Erg.* German usually uses the comma to introduce the decimal.

15. **cmg;** see note 13 above.

Page 5. — 16. **10^7;** read: *zehn, siebente Potenz.*

17. To indicate emphasis, the German often spaces the letters thus instead of using italics.

Page 6. — 18. **auf experimentellem Wege,** *experimentally.*

19. **James Prescott Joule** (1818–1889), eminent English physicist; was associated with his father in the brewery business until 1854. As he was afflicted with spinal disease his whole life and unable to attend school, his scientific knowledge was entirely self-taught with the exception of a course of private lessons under the direction of John Dalton, the author of

the atomic theory. Joule worked forty years to determine the mechanical equivalent of heat from the thermal effects of electric currents.

SELECTION II

Page 7. — 1. **deren,** *their;* the genitive plural of the demonstrative pronoun *der, die, das.*

2. **zweier;** the numerals *zwei* and *drei* are often inflected, when not accompanied by a modifying word, to indicate the case of their nouns.

Page 8. — 3. **sich . . . zerlegen lassen,** *may* (*can*) *be decomposed;* translate *sich lassen,* when used with an infinitive, as *may be* or *can be,* and the infinitive as a perfect participle.

SELECTION III

Page 9. — 1. **selbst,** *even;* as an adverb, *selbst* precedes the word or phrase it qualifies; as an intensive pronoun, it follows the word it qualifies.

Page 10. — 2. **Wird;** a condition may be introduced by *wenn,* in which case the verb is placed in the transposed order or, if *wenn* is not used, the condition is indicated by the initial position of the verb. Thus also in English: *were I in his position.*

3. **Hin- und Herbiegen;** a contraction for *Hinbiegen und Herbiegen.*

4. **sich . . . läßt;** see note 3, Selection II.

Page 11. — 5. **gilt;** see *gelten.*

SELECTION IV

Page 11. — 1. **Johan Jacob Berzelius** (1779–1848), celebrated Swedish chemist, author of the system of chemical symbols and discoverer of the elements selenium and thorium. See also Selection XXXI in this book.

2. **H + Cl = HCl;** read: *H plus Cl gleicht HCl.*

Page 12. — 3. **1.,** etc.; read: *erstens, zweitens, drittens.*

Page 13. — 4. See note 3, Selection II.

5. **1 : 2**; read: *eins zu zwei.*

6. **12 + 2 · 16 = 44**; read: *12 plus zweimal 16 gleicht (ist) 44.*

SELECTION VI

Page 17. — 1. **23 %**; read: *dreiundzwanzig Prozent.*

Page 18. — 2. **1/10**; read: *ein Zehntel;* **3/8**; read: *drei Achtel*, etc.

3. **0°**; read: *null Grad.*

4. **0,001 429 g**; read: *null, Komma, null, null, eins, vier, zwei, neun Gramm;* or *tausendvierhundertneunundzwanzig Milliontel Gramm.*

5. **–118°**; read: *minus hundertachtzehn Grad.*

Page 20. — 6. **Karl Wilhelm Scheele** (1742–1786), celebrated Swedish chemist; he discovered chlorine, manganese, arsenite of copper (Scheeles's green), tartaric acid, and the coloring matter of Prussian blue; he is also credited with the discovery of oxygen in 1772.

7. **Joseph Priestley** (1733–1804), noted English theologian, physicist, and chemist; more than 300 separate publications are credited to him; in 1774, independently of Scheele, he discovered oxygen; he also discovered several composite gases and made many contributions to theoretical chemistry in his *Experiments and Observations on Different Kinds of Air* (3 vols., 1774–77).

Page 21. — 1. **Theophrastus Paracelsus** (1493–1541) was born in Switzerland but spent most of his life in Germany. He became professor of medicine at Basel (Bâle) but was forced to leave because he openly revolted against the long established Grecian and Arabian schools of medicine; paid great attention to diet and introduced many new and valuable remedies; chief among the men who first strove to put the study of medicine on a practical and rational basis. See also Selection XXXI.

2. **14,5**; read: *vierzehn und fünf Zehntel* or *vierzehnundeinhalb.*

Page 22. — 3. **in statu nascendi** (Latin), *in a nascent state.*

Page 29. — 1. **Ur- und Übergangsgebirge**; *Urgebirge* (granite, quartz, feldspar, etc.) is a designation given to the earliest or primitive rock formations of the eozoic age. *Übergangsgebirge*, in old nomenclature, a term applied to the oldest stone-carrying sediments beneath the hard coal stratum; it corresponds to what are now called the Cambrian, Silurian, and Devonian formations.

Page 30. — 2. **Sachsen** (*Saxony*); a kingdom and state of the German empire. Area, 5789 square miles; population, 5,000,000. **Westfalen** (*Westphalia*); province in northwestern Prussia; area, 7892 square miles; population 3,500,000; very rich in deposits of iron, coal, copper, zinc, sulphur, lead, antimony, marble, slate, and salt.

3. **jünger**; that is, geologically younger, or formed later in the earth's development.

4. **Briketts**; in Europe huge quantities of poor-grade soft coal are molded into briquettes, sometimes about the size and shape of a door knob, sometimes about like an ordinary brick.

Page 31. — 1. **„Widmannstättensche Figuren“**; most meteors possess a regular, scaly structure of iron masses containing either a high or low percentage of nickel. Since the nickel-rich masses are less easily attacked by dilute nitric acid than the nickel-poor masses, one can bring out very clearly the octahedral scale-structure. The lines thus brought out are named after their discoverer Widmannstätten. Adjectives may be formed from the names of individuals by suffixing *-sch;* thus *Drummondsches Kalklicht*, *das Bessemersche Verfahren.*

Page 33. — 2. **Ferrum pulveratum** (Latin), *powdered iron.*

Page 37. — 1. **läßt sich schneiden**; see note 3, Selection II.

SELECTION VII

Page 43. — 1. **indem wir . . . zerlegten,** *by decomposing; indem* is often best translated *by*, with its verb translated as a participle.

Page 44. — 2. To denote emphasis, the German often spaces the letters thus instead of using italics.

Page 45. — 3. **H : Cl = 1:1**; read: *H verhält sich zu Cl wie eins zu eins*, or *wie eins sich zu eins verhält.*

Page 48. — 4. **Joseph Louis Proust** (1754–1826), a celebrated French chemist. He discovered grape sugar (1799) and glucose (1805), and in 1808, after a controversy carried on with Berthollet for many years, proved conclusively the law of definite proportions.

5. **der ganzen Länge nach**; *nach* very frequently follows the word or phrase which it governs.

Page 49. — 6. **Es,** corresponding to the English expletive *there*, is often used to introduce the real subject, which follows the verb. Translate: *There exist, therefore, two compounds*, etc., or *two compounds exist*, etc.

7. **John Dalton** (1766–1844), celebrated English mathematician, physicist, and chemist; author of the atomic theory.

Page 50. — 8. **Democritus of Abdera** (born 470 B.C.), probably the greatest of Greek philosophers. He was the first to propose the theory that the original characteristics of matter were quantitative, not qualitative. He propounded an atomic theory surprisingly similar to that accepted by science to-day.

SELECTION VIII

Page 51. — 1. **vermag**; *vermögen*, although conjugated as the modal auxiliary *mögen*, takes the infinitive with *zu*.

Page 52. — 2. **gegenüber,** like *nach* and *wegen*, may either precede or follow the word it governs.

3. **Es zeigt sich,** *it is seen.* Note how frequently the reflexive construction is used instead of the passive.

Page 53. — 4. **Es lassen sich . . . schreiben**; see note 3, Selection II.

SELECTION IX

Page 54. — 1. **an sich,** *in and of themselves* or *individually.*

2. **dessen**; the genitive singular of the demonstrative pronoun *der, die, das.*

Page 55. — 3. **Thomas Drummond** (1797–1840), British inventor, surveyor, and politician. Having heard Faraday lecture on the brilliant luminosity of lime when incandescent, he utilized such light in his survey (1825) of the British Isles, for making distant surveying stations visible.

4. **Johann Wolfgang Döbereiner** (1780–1849), celebrated German chemist; professor of chemistry at Jena (1810–1849). Best known for his experiments on the oxidation products of alcohol and on platinum in a minute state of division; discovered that platinum sponge in the presence of oxygen can bring about the ignition of hydrogen; discovered furfurol.

Page 56. — 5. **zum größten Teile,** *principally, for the most part.*

Page 58. — 6. **Justus von Liebig** (1803–1873), one of the greatest chemists that ever lived; professor of chemistry at Giessen (1824–1852), where he instituted the first chemical laboratory for students; professor at Munich (1852–1873); wrote 318 papers on chemistry; founder of *Annalen der Pharmazie*, which later became *Annalen der Chemie und Pharmazie;* author of many books.

SELECTION X

Page 58. — 1. **Man rühre . . . lasse . . . prüfe,** *let* (*the experimenter*) *stir . . . allow . . . test.* In giving directions for an experiment, the subjunctive is usually used, which may be approximately rendered by *let.*

Page 59. — 2. **bis zu . . . hinab;** *hinab* serves to intensify the force of *bis zu. Aus* has a similar function in the expression *von diesem Standpunkt aus.*

SELECTION XI

Page 61. — 1. **auf synthetischem Wege,** *synthetically.*

2. **Friedrich Wöhler** (1800–1882), renowned German chemist. His great achievement was the preparing of urea by purely laboratory means without the agency of life, an accomplishment

which broke down the barrier held to exist between organic and inorganic chemistry. He isolated aluminum, glucinum, yttrium, and titanium, and founded the nickel industry by devising an economical method of production. He was for several years editor of *Jahresberichte;* his *Grundriß der Chemie* and *Die Mineralanalyse* passed through many editions.

Page 63. — 3. **wird leicht daran erkannt, daß . . . verkohlt;** *daran, dadurch, darin, hierin, in der Weise*, etc., are very frequently used in the principal clause merely to anticipate the explanation in the following dependent clause. The *daß* + verb is usually best translated by *by* + participle.

Page 64. — 4. See note 1, Selection X.

SELECTION XII

Page 68. — 1. **für sich,** *of themselves, in and of themselves.*

Page 69. — 2. **nach;** see note 2, Selection VIII.

SELECTION XIII

Page 73. — 1. **Henry Bessemer** (1813–1898), English inventor; in 1855 he first developed the converter process which revolutionized the iron and steel industry.

Page 75. — 2. **Sidney Gilchrist Thomas** (1850–1885), British metallurgist and inventor. His greatest achievement was solving the problem of eliminating phosphorus in the Bessemer converter; in 1875 he discovered that this could be accomplished by employing a basic lining of magnesia or magnesian limestone.

Page 76. — 3. **Sir William Siemens** (Karl Wilhelm Siemens), born in Germany in 1823; became a British subject and spent most of his life in England; invented a regenerative steam engine, a water meter, pyrometer, bathometer; was knighted in 1883 and died the same year.

Page 77. — 4. The **Krupp** works, the largest plant in the world for the manufacture of cannon and other war implements,

were founded by Friedrich Krupp (1787–1826); in 1910 they employed about 50,000 workmen. **Essen**; a city in western Prussia; pop. (1910), 296,000.

5. **Milliarde,** *one thousand millions;* whereas in France and the United States one thousand millions are called a billion, in Germany and England a billion is computed as the second power of a million, or one million millions.

SELECTION XIV

Page 80. — 1. **der Oxydation;** dative case; translate: (*which serves as a balance*) *to oxydation* (*effected by the free oxygen of the air*).

SELECTION XV

Page 82. — 1. **ausgefällt;** *fällen, fällte, gefällt, to precipitate,* but *fallen, fiel, gefallen, to fall;* compare with English *fall* and *fell*. Thus also: *dringen, drängen; verschwinden, verschwenden; sinken, senken.*

Page 83. — 2. **dem die . . . kann,** *which the carbonic acid can not attack.*

3. **nötigenfalls;** analyze the word and compare with *jedenfalls, falls, gleichfalls, ebenfalls.*

4. **an und für sich,** *in and of itself.*

Page 84. — 5. Read: $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$, *Punkt*, 2 *SrO*, indicating how many molecules of each substance combine to form the compound.

SELECTION XVI

Page 87. — 1. **Was diese anbetrifft,** *as regards the latter,* or *as far as the latter are concerned.*

2. **so daß . . . hat Verwendung finden können;** see note 7, Selection I. In a clause of this kind, the auxiliary is usually placed directly before the two infinitive forms; for the sake of emphasis, however, or in order to maintain the continuity of idea expressed by the infinitive phrase, several words may intervene between the auxiliary and the two infinitive forms.

Page 88. — 3. **seiner;** genitive singular of the personal pronoun.

Page 89. — 4. **Was . . . anbetrifft;** see note 1 above.

SELECTION XVII

Page 91. — 1. **auf elektrolytischem Wege,** *electrolytically.*

Page 92. — 2. **unter Umständen,** *under (certain) circumstances, sometimes.*

SELECTION XVIII

Page 95. — 1. **Seifenleim;** modified by both *erstarrter* and *getrennter.*

SELECTION XIX

Page 96. — 1. **wenn auch,** *even if, even though.*

Page 97. — 2. **Was . . . anbelangt;** see note 1, Selection XVI.

Page 98. — 3. **selbst;** adverb or pronoun?

Page 100. — 4. **Robert Bunsen** (1811–1899), celebrated German chemist; professor of chemistry at the universities of Marburg, Breslau, and Heidelberg; jointly with Kirkhoff he discovered the method of spectrum analysis; invented the Bunsen burner, a filter pump, a photometer, a galvanic cell, and much other apparatus. See also Selection XXVIII in this book.

5. **Karl Auer** (1858–), German chemist; invented the incandescent gas light (1885) and the osmium incandescent lamp (1898).

Page 101. — 6. **Walter Nernst** (1864–), German physicist and chemist; probably the world's greatest scientist in the realm of physical chemistry; professor of physical chemistry at the universities of Göttingen and Berlin. Among his most important publications are *Siede- und Schmelzpunkt*, 1893; *Die Ziele der physikalischen Chemie*, 1896; *Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorieen für die Chemie*, 1901; *Untersuchungen über die spezifische Wärme*, 1914.

Page 102. — 7. **Otto Lummer** (1860–), German physicist; professor of physics at the university of Breslau; his great work has been on the interference and the radiation of light.

Page 105. — 8. **G. H. Hess** (c. 1800–1850), German chemist and physicist; discovered several laws pertaining to the heat produced by chemical processes, and may justly be called the founder of thermochemistry.

SELECTION XX

Page 106. — 1. **Robert Boyle** (1626–1691), English theologian and experimenter; made many important discoveries in pneumatics. See also Selection XXXI in this book. — **Edme Mariotte** (1620–1684), French scientist; his name is associated with the law of gases, really discovered fourteen years earlier by Boyle.

Page 109. — 2. **Joseph Louis Gay-Lussac** (1778–1850), eminent French chemist; in 1807 (?) he determined the coefficient of expansion of gases. See also Selection XXXI in this book.

Page 114. — 3. **Amadeo Avogadro** (1776–1856), famous Italian physicist and chemist.

Page 116. — 4. **und der . . . Voraussetzung,** *and of the assumption on which it is based.*

SELECTION XXI

Page 118. — 1. **außer . . . auch;** a rather unusual construction; *in addition to . . . also, not only . . . but also* convey approximately the same meaning.

Page 119. — 2. **Thomas Andrews** (1813–1885), Irish chemist and physicist; for many years professor of chemistry at Queen's College, Belfast; known chiefly for his work on the heat developed in chemical reactions, on ozone, and the liquefaction of

gases. He established the conception of critical temperature and critical pressure.

Page 120. — 3. **daran . . . daß**; see note 3, Selection XI.

Page 121. — 4. **Karl Paul Linde** (1842–1914), German physicist and chemist; professor of theoretical mechanics in the Technische Hochschule, Munich (1872–1879); in 1895 he devised a simple method for the liquefaction of atmospheric air and other gases. Chief work, *Sauerstoffgewinnung mittels fraktionierter Verdampfung flüssiger Luft* (1902).

5. **beruht darauf, daß**; see note 3, Selection XI.

SELECTION XXIII

Page 123. — 1. **hervorspringende Bedeutung** is the subject of the sentence.

Page 124. — 2. **Pierre Dulong** (1785–1838), French chemist, known chiefly for the law which he discovered jointly with Petit in 1819. See also Selection XXXI in this book.

3. **Hermann Kopp** (1817–1892), German chemist; professor of chemistry at the universities of Giessen and Heidelberg; devoted himself mainly to problems of physical chemistry. Among the best known of his voluminous works are *Geschichte der Chemie* (1847), *Entwickelung der Chemie* (1874), and *Alchemie* (1886).

Page 127. — 4. **Wilhelm Weber** (1804–1891), German physicist; professor of physics at Halle, Leipzig, and Göttingen; the first to show that it is possible to measure electrical quantities by fixed and absolute units. In 1833 he devised a system of electromagnetic telegraphy which was operated successfully between points nearly two miles apart.

5. **Nernst**; see note 6, Selection XIX.

Page 128. — 6. **Max Planck** (1858–   ), German physicist; many years professor of physics at Berlin; his work is mainly on theoretical physics and thermodynamics. His great works are *Das Prinzip der Erhaltung der Energie* (1887), *Vorlesungen*

über theoretische Physik (1910), *Vorlesungen über Thermodynamik* (1897, 4th ed., 1913), and *Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung* (1913).

SELECTION XXIV

Page 131. — 1. **dadurch . . . daß,** see note 3, Selection XI.

SELECTION XXVI

Page 135. — 1. **Auf diesem seinen Wege,** *thus following its course.*

2. **zum größten Teile,** *for the most part, principally.*

Page 139. — 3. **sich;** dative of interest or concern, used to denote the person or thing to whose advantage or disadvantage the action results; often best omitted in translation.

4. **auf mikroskopischem Wege,** *microscopically.*

Page 141. — 5. **im großen ganzen,** *in the main, generally.*

Page 142. — 6. **Viktor Meyer** (1848–1897), German chemist; professor of chemistry at Göttingen (1885–1889); succeeded Bunsen at Heidelberg (1889); discovered thiophene and its derivatives; best known as the inventor of a practical method of determining the molecular weight of vaporizable substances.

Page 143. — 7. **deren;** genitive plural of the demonstrative pronoun *der, die, das;* translate *their.*

SELECTION XXVII

Page 144. — 1. **Moorversuchsstation Bremen;** in northeastern and northwestern Germany are situated huge tracts of moor or swamp land, having a total area of nearly 6000 sq. mi. This experiment station at Bremen is devoted exclusively to investigations relating to the utilization of these lands.

2. **Liebig;** see note 6, Selection IX.

Page 145. — 3. **Felix Wahnschaffe** (1851–1912), German geologist and soil chemist; among his many works the best known are *Anleitungen zu wissenschaftlichen Bodenuntersuchun-*

gen (1887); *Ursachen der Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes* (1891); *Unsre Heimat zur Eiszeit* (1896).

Page 146. — 4. **Wilhelm Knop** (1817-1891), professor of agricultural chemistry at the university of Leipzig (1866-1891); his chief works are *Handbuch der chemischen Methoden* (1859); *Der Kreislauf des Stoffs* (1868); *Lehrbuch der Agrikulturchemie* (1868); *Ackererde* (1883).

Page 152. — 5. **Maximilian Märcker** (1842-1901), one of the world's greatest agricultural chemists and for many years professor at Halle. Among his voluminous writings are *Handbuch der Spiritusfabrikation* (1877, 8th ed. 1903); *Die zweckmäßigste Anwendung der künstlichen Düngemittel für Kartoffeln* (1880); *Die Kalisalze und ihre Anwendung in der Landwirtschaft* (1880, 3d ed. 1905); *Fütterung und Schlachtergebnis* (1893); *Amerikanische Landwirtschaft* (1895); *Fütterungslehre* (1901).

SELECTION XXVIII

Page 155. — 1. **mag es**; connect with **erlaubt sein,** l. 18.

Page 156. — 2. **nebenbei bemerkt,** *by the way.*

3. **Veri sigillum simplex!** (Latin), *simplicity is the soul of truth.*

4. **Seine Exzellenz,** *His Excellency.*

5. **Eurer Hochwohlgeboren,** *Your Excellency, Your Honor;* in addressing superiors by title, the second person plural is often used.

Page 157. — 6. **sehen** = *gesehen;* the modal auxiliaries and *lassen*, *sehen*, *helfen*, and a few other verbs have two forms of the perfect participle. When is the infinitive form used?

7. **stand . . . auf du und du,** *was on intimate terms.*

Page 158. — 8. **die ihm . . . zueigen war,** *which he possessed over force and matter.*

Page 159. — 9. **Gäste;** since attendance at classes is not obligatory in German universities, the students are often, especially in the summer semester, very infrequent visitors.

10. **wohl oder übel,** *willingly or reluctantly, whether one likes it or not.*

11. **Getrampel,** *stamping the feet;* this is the usual way in which the German student shows his approbation. Disapproval is shown by grating or scuffling the shoes on the floor.

Page 161. — 12. **höchst eigenhändig,** *with his (very) own hand.*

Page 162. — 13. **reichlichen Stoff;** object of *gaben.*

SELECTION XXIX

Page 163. — 1. **nach dieser Richtung hin;** *hin* merely serves to intensify the force of *nach.* See note 2, Selection X.

2. The following figures by way of comparison may be of interest:

Total national wealth, Jan. 1, 1917, approximately: United States, $210,000,000,000; United Kingdom $85,000,000,000; Germany, $80,000,000,000; France, $50,000,000,000. Total exports and imports of merchandise for the year 1913, approximately: United Kingdom, $7,000,000,000; Germany, $5,300,000,000; United States, $4,300,000,000; France, $2,800,000,000.

Page 164. — 3. **Wilhelm I** (1797–1888), took part in the campaigns of 1814–15 against Napoleon; became king of Prussia, 1861; in 1871, commanding the German army, won decisive victories at Gravelotte and Sedan; in 1871, in the palace of French kings at Versailles, was proclaimed German emperor.

4. **Otto Leopold von Bismarck** (1815–1898), German statesman; the man who, from the chaos of petty, jealous states, evolved a united Germany and brought about the ascendency of Prussia.

SELECTION XXX

Page 171. — 1. **allem und jedem,** *to each and everything.*

Page 173. — 2. **ihrer . . . zufolge,** *in consequence of their dual nature, mentioned in the beginning.*

Page 175. — 3. **Helianthin . . . Natrium,** *sodium . . . sulfonate*, or *methyl orange.*

4. **Malachitgrün . . . hydrat;** the same in English, except that *hydrat* becomes *hydrate; bitter almond oil green.*

Page 176. — 5. **Adolf von Bayer** (1835–1917), many years professor of chemistry at Strassburg and Munich; in 1881 he was awarded the Davy medal by the Royal Society of London for his researches on indigo; was knighted in 1885 and in 1905 awarded the Nobel prize in science; made almost innumerable discoveries in various fields of chemistry. *Gesammelte Werke*, Braunschweig, 1905.

Page 177. — 6. **Paul Schützenberger** (1829–1897), French chemist; many years professor of chemistry at Collège de France and École de Physique et de Chimie, Paris; is known chiefly for his extensive researches on albuminous bodies and for the preparation of several new series of platinum compounds and of hyposulphurous acid, $H_2S_2O_4$. He held the view that atomic weights are, within narrow limits, variable.

Page 178. — 7. **Badische Anilin- und Sodafabrik,** at Ludwigshafen, Bavaria, in 1910 employed about 12,000 men and probably produced more aniline dyes than any other factory in the world.

Page 182. — 8. **Marseiller Seife,** *Marseilles soap;* in its manufacture olive oil is used as a base.

Page 183. — 9. **mutatis mutandis** (Latin), *necessary changes being made.*

Page 184. — 10. **Karl Graebe** (1841–), German industrial chemist; professor of chemistry at Königsberg and Geneva; with Liebermann he discovered (1868) a method of producing alizarin from anthracene. **Karl Liebermann** (1842–1907), German organic and industrial chemist who contributed much to the development of the coal tar industries.

11. **Jean Baptiste Dumas** (1800–1884), French politician and chemist; many years lecturer at the Sorbonne; chief work: *Traité de chimie appliquée aux arts* (8 vols., 1845).

SELECTION XXXI

Page 189. — 1. **Claudius Galenus** (130–201), celebrated Greek physician; about 500 medical treatises are credited to him, of which nearly 100 are still extant; several of his works have been translated into French and German. **Abu Ali Avicenna** (980–1037), celebrated Arabic physician and philosopher; his chief work, *System of Medicine*, is still highly prized in the Orient.

Page 193. — 2. **Phlogistontheorie: Georg Stahl** (1660–1734), a German chemist, in 1702 introduced the theory that phlogiston, a substance or principle, exists in combination in all combustible bodies, from which it is disengaged or set free in the process of combustion. Stahl's theory was universally accepted until Lavoisier in 1774 proved that certain substances, instead of giving off phlogiston when burned, actually increased in weight. The theory was, however, not entirely abandoned until about 1800.

3. **Joseph Black** (1728–1799), Scottish chemist, evolved the theory of latent heat and was the first to establish the existence of carbonic acid.

Page 194. — 4. **Guillaume François Rouelle** (1703–1770), French chemist; his great achievement was to define "salts," a term which had been very vague and indefinite, and to distinguish between neutral, acid, and basic salts.

Page 196. — 5. **Sorbonne;** an institution of learning in Paris. It was founded in 1257 by Robert de Sorbon, and it has for centuries been the intellectual center of France. **École polytechnique,** *polytechnic school;* this school in Paris, founded in 1794, trains officers for both the military and scientific branches of the government. — **Jardin des plantes,** a botanical and zoölogical garden in Paris, founded about 1610.

Page 198. — 6. **Heinrich Rose** (1795–1864), German chemist; for nearly forty years professor of chemistry at Berlin; may be considered one of the founders of analytical chemistry; discovered niobium or columbium; his *Ausführliches Handbuch*

der analytischen Chemie (1851 and after) is a standard work. — **Eilhardt Mitscherlich** (1794–1863), German chemist; he established (1819) the principle of isomorphism; discovered selenic and permanganic acids and nitrobenzene; his chief work, *Lehrbuch der Chemie* (1848). **Wöhler**; see note 2, Selection XI. **Christian Gmelin** (1792–1860), German chemist; many years professor of chemistry at Tübingen; discovered the method of artificially producing ultramarine.

7. **Friedrich Wilhelm Schelling** (1775–1854), German philosopher; professor of philosophy successively at Jena, Würzburg, Munich, and Berlin.

Page 199. — 8. **August Wilhelm von Hofmann** (1818–1892), German chemist; for 20 years professor of chemistry in England and in 1861 president of the London Chemical Society; for many years professor of chemistry in Berlin; in 1868 he founded the "Deutsche Chemische Gesellschaft"; contributed much to the coal tar industry; his discoveries practically revolutionized the dyeing art. **H. Kopp**; see note 3, Selection XXIII. **Adolf Strecker** (1812–1871), German chemist; many years professor of chemistry at the universities of Christiania, Tübingen, and Würzburg. **Karl Fresenius** (1818–1897), German chemist; best known as a writer; founded (1862) the *Zeitschrift für analytische Chemie*, which he edited till his death. **James Sheridan Muspratt** (1821–1871), Irish chemist; took the degree of doctor of philosophy at Giessen (1845); taught several years in Liverpool and wrote a *Dictionary of Chemistry* (1860). **Karl Friedrich Gerhardt** (1816–1856), French chemist; professor of chemistry at Strassburg (1855–56). His *Traité de chimie organique* was for many years a standard work. **Charles Adolphe Wurtz** (1817–1884), French chemist; many years professor of chemistry at the Sorbonne; worked chiefly on theoretical chemistry. Among his many works are *Dictionnaire de chimie pure et appliquée* (1880), and *Théorie atomique* (1880). **Sir Edward Frankland** (1825–1899), English chemist; professor of chemistry at Owens College, Manchester, the Royal School of Mines, and the South Kensington School of Science; the first to state definitely the theory of chemical valence (1852); in 1868, with Lockyer, he discovered helium. — **Jakob Volhard**

(1834–1912), German chemist; many years professor of chemistry at the universities of Munich, Erlangen, and Halle.

Page 200. — 9. **Leopold Gmelin** (1788–1853), German chemist; professor of chemistry at Heidelberg from 1817 to 1851; discovered potassium ferricyanide; known chiefly for his *Handbuch der Chemie* (1819), which was later revised and enlarged by Kraut.

10. **Kolbe**; see p. 201, ll. 3 ff. **Heinrich Limpricht** (1827–1909) German chemist; professor of chemistry at Göttingen and Greifswald; wrote *Grundriß der organischen Chemie* (1855) and *Lehrbuch der organischen Chemie* (1862). — **Rudolf Fittig** (1835–1910), German chemist; professor of chemistry at the universities of Göttingen, Tübingen, and Strassburg; worked chiefly on the aldehydes, ketones, and lactones; wrote *Anorganische Chemie* (3d ed., 1882), and edited several editions of Wöhler's *Grundriß der organischen Chemie* (11th ed., 1887). — **Friedrich Beilstein** (1838–1906), Russian chemist; many years professor of chemistry at St. Petersburg Institute of Technology. His *Handbuch der organischen Chemie* (1883) is indispensable to the investigator in organic chemistry; five supplementary volumes were added (1901–1906) to this work by the German Chemical Society.

Page 201. — 11. **Lyon Playfair** (1818–1898), British scientist and statesman; studied at Giessen and took his doctor's degree there; professor of chemistry at Edinburgh University (1858–1869); many years a member of Parliament.

12. **Otto Linné Erdmann** (1804–1869), German chemist; many years professor of industrial chemistry at Leipzig; known chiefly for his atomic weight determinations and his researches on nickel, dyestuffs, and illuminating gas; wrote *Grundriß der Warenkunde* (1833; 12th ed., 1895) and *Über das Studium der Chemie* (1861), which has been translated into many languages.

SELECTION XXXII

Page 204. — 1. **Robert Hare** (1781–1858), an American chemist; professor of chemistry at the University of Pennsylvania (1828–1847); invented the oxyhydrogen blowpipe (1801) and much other laboratory apparatus.

Page 205. — 2. **Karl Rammelsberg** (1813–1899), German chemist; many years professor of mineralogical chemistry at Berlin; among his many works are *Lehrbuch der chemischen Metallurgie* (1865), and *Elemente der Kristallographie* (1883).

3. **Heinrich Rose;** see note 6, Selection XXXI.

4. **Liebig;** see note 6, Selection IX.

Page 206. — 5. **Auguste Laurent** (1807–1853), French chemist; contributed to the chemistry of naphthalene, paraffin, and phenol; best known as the founder of the theory of types. **Dumas;** see note 11, Selection XXX. **Henri Victor Regnault** (1810–1878), French chemist and physicist; professor of chemistry at the École polytechnique (1840–1841); professor of physics at the Collège de France (1841–1847); one of the world's greatest scientists in theoretical and physical chemistry.

Page 207. — 6. **Frederick Genth** (1820–1893), an American chemist and mineralogist, born and educated in Germany; professor of chemistry at University of Pennsylvania (1872–1888); established 23 new minerals.

7. **Benjamin Thompson, Count Rumford** (1753–1814), American physicist and soldier of fortune; made brilliant researches on artillery, explosives, heat, illumination, and in other fields; was made Count of the Holy Roman Empire in 1778.

Page 208. — 8. **Louis Agassiz** (1807–1873), an American naturalist, born and educated in Switzerland; professor of natural history at Harvard (1848–1863); his great works are *Contributions to the Natural History of the United States* (1857), and *The Structure of Animal Life* (1868). **Asa Gray** (1810–1888), the greatest American botanist of his time; many years professor of natural history at Harvard; his textbooks on botany have been widely used since 1836. **Benjamin Peirce** (1809–1880), American mathematician and astronomer; professor of mathematics at Harvard (1833–1880) and considered one of the world's greatest men in his branch of work; wrote *System of Analytical Mechanics* (1857). **Josiah P. Cooke** (1827–1894), American chemist; many years professor of chemistry at Harvard. **Jeffries Wyman**

(1814–1874), American surgeon; professor of anatomy at Harvard (1847–1874).

Page 212. — 9. **Josiah Willard Gibbs** (1839–1903), American physicist; many years professor of mathematics at Yale; wrote much on mathematical physics and mechanics.

Page 214. — 10. **Edmond Frémy** (1814–1894), French chemist; professor of chemistry at the Muséum d'Histoire Naturelle (1850–1879); editor of *Encyclopédie Chimique* (1894), a standard work of ten volumes; investigated osmic acid, the ferrates, stannates, plumbates; discovered anhydrous hydrofluoric acid; contributed much to perfecting the manufacture of iron, steel, sulphuric acid, soap, and glass.

Page 215. — 11. **Bunsen**; see note 4, Selection XIX.

Page 216. — 12. **Frank A. Gooch** (1852–   ), American chemist; professor of chemistry at Yale (1885–1907); author of *Methods in Chemical Analysis* (1912).

Page 223. — 13. **Charles E. Munroe** (1849–   ), American chemist; inventor of smokeless powder and author of over 100 books and papers on chemistry and explosives.

SELECTION XXXIII

Page 225. — 1. **Mitscherlich**; see note 6, Selection XXXI.

Page 226. — 2. **Liebig**; see note 6, Selection IX.

3. **Johann Poggendorff** (1796–1877), German chemist, physicist, and editor; best known as editor of *Annalen der Physik und Chemie* (1824–1876). Chief works are *Lebenslinien zur Geschichte der exakten Wissenschaften* (1853), *Geschichte der Physik* (1879), and *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exakten Wissenschaften* (2 vols., 1863; 4th ed., 1904).

SELECTION XXXIV

Page 227. — 1. **Liebig**; see note 6, Selection IX.

2. **Laurent**; see note 5, Selection XXXII.

3. **Gerhardt**; see note 11, Selection XXXI.

Page 228. — 4. **Karl Löwig** (1803–1890), German chemist; professor of chemistry in Zurich (1833–1853); Breslau (1853–1888); devoted himself mainly to organic metallic compounds; chief works *Chemie der organischen Verbindungen* (1840), *Grundriß der organischen Chemie* (1852), *Arzneivergiftung und Mumifikation* (1887).

5. **Nils Johan Berlin** (1812–1898), Swedish chemist; professor of chemistry in Lund (1845–1847); head of the medical department, Stockholm (1864–1883).

SELECTION XXXV

Page 229. — 1. **Lavoisier;** see note 6, Selection I.

Page 230. — 2. **Paracelsus;** see note 1, page 21.

3. **Francis Bacon** (1561–1626), a celebrated English philosopher, statesman, and writer. Although his reputation as a philosopher has suffered greatly in the past century, his *Novum Organum* (1620) is still regarded as an epoch-making book in the realm of philosophic and scientific thought. Among his other important works are *Essays* (1597), *History of the Reign of Henry VII* (1622), and *De Augmentis Scientiarum* (1623).

Page 232. — 4. **Aristotle** (384–322 B.C.), one of the greatest Greek philosophers; he was a friend and pupil of Plato and was for three years tutor to Alexander the Great. According to his philosophy, there were four elements: *earth*, *air*, *fire*, and *water*. Aristotle wrote extensively on Logic, Grammar, Rhetoric, Physiology, Psychology, Ethics, Politics, Literary Criticism, and Philosophy. Among his greatest works are *On the Immortality of the Soul*, *On Philosophy*, *On Justice*, *On Good*, *On Friendship*, *On the Cosmos*, *On Breathing*, *On Colors of Plants and Animals*, *Physics*, *Metaphysics*, *On Politics*, *On Virtues and Vices*, etc. — Mercury, sulphur, and arsenic are often termed the alchemistic elements.

Page 233. — 5. **das Mariottesche;** see note 1, Selection XX.

Page 236. — 6. **Stahl;** what case?

SELECTION XXXVI

Page 241. — 1. **Sir Humphrey Davy** (1778–1829), English chemist; professor of chemistry at the Royal Institution (1802–1812); inventor of the Davy safety lamp.

Page 242. — 2. **Louis Jacques Thénard** (1777–1857), French chemist; many years professor of chemistry at the Collège de France; discovered peroxide of hydrogen and cobalt ultramarine (*Thénard's blue*).

3. **Thomas Graham** (1805–1869), English chemist; professor of chemistry at University College (1837–1855); best known for his researches on the diffusion of gases and of substances in solution.

Page 243. — 4. **Hermann Fehling** (1811–1885), German chemist; professor of chemistry at the Polytechnic Institute, Stuttgart (1839–1885); famous as an industrial chemist; his process for measuring the amount of glucose in substances is especially well known. **Albert Ladenburg** (1842–1911), German chemist, known chiefly for his work on benzene. Chief publication, *Entwickelungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren* (2d ed., 1887).



VOCABULARY

The gender of nouns is indicated; also the plural where this is in common use, except in the case of feminine nouns of the weak declension. Separable prefixes are indicated by (-). Infinitives used as nouns, and participles used as adjectives are, in most cases, not separately given.

A

Aachen (Aix-la-Chapelle), *a famous watering place in western Prussia; pop. (1910) 170,000*
Aal, *m.* **–e,** eel
ab, off, away, down, on
Abänderung, *f.* change, modification, improvement, reform
Abart, *f.* variety
ab-bilden, to copy, model
ab-brechen (a, o), to break off, discontinue
ab-brennen (brannte, gebrannt), to burn off, down, away
Abbruch, *m.* **⸗e,** injury, harm
ab-dampfen, to evaporate
Abdampfrückstand, *m.* **⸗e,** residue on evaporation
ab-dekantieren, to decant, pour off
Abdruck, *m.* **⸗e,** printing, copy
ab-drucken, to print, copy
aber, but, however
ab-fallen (fiel, gefallen), to fall away, be left as waste
ab-färben, to crock, discolor
ab-fassen, to compose, write
ab-filtrieren, to filter off
ab-fließen (o, o), to flow off, discharge
ab-geben (a, e), to give off, give up, deliver
ab-gießen (o, o), to pour off, decant
ab-grenzen, to mark the limits of, define
ab-handeln, to treat, discuss
Abhandlung, *f.* treatise, paper
ab-hangen (i, a) **von,** to depend upon
abhängig, dependent
Abhängigkeit, *f.* dependency
ab-kochen, to boil
ab-kühlen, to cool, refrigerate
Abkühlung, *f.* cooling, refrigeration
Abkühlungsmittel, *n.* **—,** refrigerant
ab-kürzen, to shorten, abbreviate
Abkürzung, *f.* abbreviation
ab-lassen (ie, a), to let off, drain
Ablauf, *m.* **⸗e,** flowing off, discharge, waste; outlet
ab-laufen (ie, au), to run off, terminate

ab-leiten, to lead off, deduce, derive
Ableitung, *f.* deduction
ab-lesen (a, e), to read (off)
ab-lösen, to loosen, release
Abnahme, *f.* decrease, diminution
ab-nehmen (nahm, genommen), to decrease, diminish
Abneigung, *f.* aversion
Abraumsalze (*pl.*), abraum salts, physic
ab-runden, to round off, simplify
ab-saugen (o, o), to draw off
ab-scheiden (ie, ie), to separate, precipitate
Abscheidung, *f.* separation
Abschied, *m.* departure; — **nehmen,** to bid farewell; resign
ab-schleudern, to throw off, centrifuge
ab-schließen (o, o), to separate, shut off, detach; complete, end
Abschluß, *m.* ⸗**e,** conclusion, end
ab-schneiden (schnitt, geschnitten), to cut off, cut
Abschnitt, *m.* **–e,** section, portion
ab-schrecken, to chill, cool
ab-sehen (a, e), to see, perceive; disregard; **abgesehen von,** aside from, excepting
absentia; **in** — (*Latin*), in absence, absent
ab-setzen, to deposit, settle
Absicht, *f.* intention, purpose
absichtlich, intentional
ab-sieben, to sift (off)
ab-sitzen (saß, gesessen), to deposit, settle
absolut′, absolute
absorbieren, to absorb
Absorptions′koeffizient′, *m.* **–en,** coefficient of absorption
Absorptions′spektrum, *n.* absorption spectrum
ab-spalten, to split off, separate
ab-spielen (sich), to be enacted, occur
ab-springen (a, u), to fly off
ab-spülen, to wash off, rinse
Abstich, *m.* **–e,** tapping, running off
ab-suchen, to search for
Abteilung, *f.* division, department
abwärts, downward, down
ab-waschen (u, a), to wash off, rinse
Abwasser, *n.* — *or* ⸗, waste water, sewage
ab-wehren, to parry, defend
ab-weichen (i, i), to deviate, vary, diverge
Abweichung, *f.* deviation, variation, deflection
ab-wiegen (o, o), to weigh off, weigh, balance, consider carefully
ab-ziehen (zog, gezogen), to draw off, remove
Abzug, *m.* removal; **in** — **bringen,** to deduct
Acetamid′, *n.* **–e,** acetamide (CH_3CONH_2), the amide of acetic acid; *a white, crystalline compound formed by treating acetic acid with ammonia*

Achat'mörser, *n.* agate mortar
Achse, *f.* axis
Achtel, *n.* —, eighth
Ackerboden, *m.* ¨, (arable) soil
Ackererde, *f.* surface soil
Ackerkrume, *f.* (arable) soil
Ackerland, *n.* ¨**er,** soil, arable land
Addition', *f.* addition
Adelgeschlecht, *n.* noble family
Adelstand, *m.* nobility
Adjektiv', Adjektivum, *n.* **–e,** adjective
Adjunkt', *m.* **–en,** adjunct, assistant
Affinität', *f.* affinity
Affinitäts'punkt, *m.* **–e,** point of affinity
Ag, argentum (Silber), *n.* silver
Agens, *n., pl.* **Agen'zien,** agent
Aggregatzustand, *m.* ¨**e,** state of aggregation
ähnlich, similar
Ähnlichkeit, *f.* similarity
Akademie', *f.* academy
akademisch, academic
Alaun', *m.* alum
Albumin', *n.* albumin
Alchemie', *f.* alchemy
Alchemist', *m.* **–en,** alchemist
alchemistisch, alchemistic
Aldehyd', *n.* **–e,** aldehyde; (a) *a colorless, mobile, very volatile liquid* ($CH_3.CHO$), *obtained from alcohol by moderate oxidation;* (b) *any one of a class of compounds intermediate between the alcohols and acids, but differing from the alcohols in having two less H-atoms in the molecule*
Alge, *f.* alga, seaweed
algebraisch, algebraic
Algier', *n.* Algiers
Algolfarbstoff, *m.* **–e,** algol dye
Alizarin', *n.* alizarin, purpurite ($C_{14}H_8O_4$), *prepared from anthracene*
Alizarin'farbstoff, *m.* **–e,** alizarin dyestuff
Alkali, *n.* **–en,** alkali
Alkalierdmetall', *n.* **–e,** alkaline earth metal
Alkalilauge, *f.* alkaline lye *or* liquor
Alkalimetal'le (*pl.*), alkaline metals
alkalisch, alkaline
Alkohol, *m.* alcohol
Alkoholgenuß, *m.* drinking of alcohol
alkoholisch, alcoholic
all, all; **vor —em,** above all
allein', *adj.* alone; *conj.* but; *adv.* only; **von —,** independently
allemal, always; **ein für —,** once for all
allerdings, to be sure, of course, at all events
allergrößt, greatest of all, very largest
allerhand, all kinds of
allerhöchst, highest, very highest
allerletzt, very last, ultimate
allfällig, all-pervading, deadly
allgemein, general, usual, universal; **im —en,** in general
allmählich, gradual
allotrop', allotropic
Alluvium, *n.* alluvium, soil
allzu, too, over, exceedingly

als, as, as if, when, than
alsdann, then
also, therefore, thus, consequently
alt, old; **die Alten,** the ancients
Alter, *n.* —, age; **von alters her,** from ancient times
Altersgenosse, *m.* –n, contemporary
Altertum, *n.* antiquity
Aluminium, *n.* aluminum (Al)
Aluminiumstahl, *m.* aluminum steel
Amalgam′, *n.* –e, amalgam
Amerika, *n.* America
Amerikaner, *m.* —, American
amerikanisch, American
Amid′, *n.* –e, amide (*any compound derived from ammonia by replacing the H-atoms with univalent acid radicals*)
Amin′, *n.* –e, amine (*any compound derived from ammonia by substituting hydrocarbon radicals for the H-atoms*)
Amino-, amino-, amido-. (*Amidoderivate entstehen durch Einwirkung reduzierender Substanzen auf die Nitrokörper, indem die Nitrogruppe* NO_2 *in die Amidogruppe* NH_2 *umgewandelt wird*)
Ammoniak′, *n.* ammonia (NH_3)
Ammoniak′gas, *n.* ammonia gas (NH_3)
Ammoniak′seife, *f.* ammonia soap
Ammoniak′verbindung, *f.* ammonia compound
Ammonium, *n.* ammonium (NH_4)
Ammoniumnitrat′, *n.* ammonium nitrate (NH_4NO_3)
Ammoniumsalz, *n.* –e, ammonium salt
Ammoniumsulphat′, *n.* ammonium sulphate $(NH_4)_2SO_4$
Ammon′salz, *n.* –e, ammonium salt
amorph′, amorphous, shapeless
Amt, *n.* ⸚er, office, post, position
an, at, to, by, near, on, in
analog′, analogous, related
Analy′se, *f.* analysis
Analy′senbefund, *m.* statement *or* certificate of analysis
Analy′tiker, *m.* —, analyst
analy′tisch, analytic
Anatom′, *m.* –en, anatomist
Anatomie′, *f.* anatomy
Anbau, *m.* cultivation
an-bauen, to cultivate
an-beißen (i, i), to bite (at)
an-belangen, to concern
an-betreffen (betraf, betroffen), to concern
an-bieten (o, o), to offer
Andenken, *n.* —, memorial
ander, other, different
ändern, to change, alter, vary
andernfalls, otherwise
anders, otherwise, differently; else
anderseits, andererseits, on the other hand
anderswo, elsewhere
Änderung, *f.* change, alteration
anderweitig, other, various
an-deuten, to indicate, outline
an-eignen (sich), to appropriate, acquire
aneinander, to *or* on one another, each other

Aneinanderlagerung, *f.* joining together, juxtaposing
Anekdote, *f.* anecdote
an-erkennen (erkannte, erkannt), to recognize
Anerkennung, *f.* recognition
Anfang, *m.* **⸚e,** beginning
an-fangen (i, a), to begin
Anfänger, *m.* **—,** beginner
anfänglich, beginning, first
anfangs, at first, in the beginning
Anfangsbuchstabe, *m.* **–n,** initial
an-färben, to color, dye
Anfertigung, *f.* making, manufacture
an-feuchten, to moisten, wet
an-feuern, to light; incite
Anforderung, *f.* requirement, demand
an-führen, to cite, mention, adduce
an-füllen, to fill
Angabe, *f.* statement
an-geben (a, e), to state, cite, indicate
an-gehen (ging, gegangen), to approach, apply to; concern
an-gehören, to belong to, be related to
Angelegenheit, *f.* affair, concern, cause
angemessen, suitable, proper
angenehm, agreeable, pleasing
angesehen, distinguished
an-greifen (griff, gegriffen), to attack, affect, corrode
Angriff, *m.* attack; **in — nehmen,** to take in hand, attack
ängstlich, anxious, scrupulous
Anhalt, *m.* support, prop; **einen — gewähren,** to give a clue to
an-halten (ie, a), to continue; stop; **—d,** continuous, persistent
Anhaltspunkt, *m.* **–e,** essential fact
Anhang, *m.* **–e,** adherents; clique
an-hängen, to add to, affix
Anhänger, *m.* **—,** adherent, disciple
Anilid′, *n.* **–e,** anilid(e), phenylamid, *an amid or ammonia in which one of the H-atoms is replaced by the radical phenyl* (C_6H_5)
Anilin′, *n.* anilin(e), *a colorless, oily compound,* $C_6H_5(NH_2)$, *the base from which many coal-tar dyes are made*
Anilin′schwarz, *n.* aniline black
animalisch, *adj.* animal
Anion, *n.* **–en,** anion
an-kommen (kam, gekommen), to arrive; **auf etwas —,** depend, be a question of
Anlage, *f.* establishment, plant; laying out, foundation
Anlagekosten (*pl. only*), cost of works *or* establishment
an-lassen (ie, a), to temper, anneal
anläßlich, on the occasion of
an-laufen (ie, au), to tarnish, become dim
an-lehnen, to lean upon
Anleitung, *f.* instruction; guide, guidance
anmutig, delightful, pleasing
annähernd, approximate
Annäherung, *f.* approach, approximation

Annahme, *f.* assumption, acceptance, hypothesis
Anna'len (*pl.*), annals
an-nehmen (nahm, genommen), to assume, accept, take; **sich —,** *with gen.*, interest oneself in
Ano'de, *f.* anode
an-ordnen, to arrange
anorganisch, inorganic
an-reden, to address
an-regen, to arouse, stimulate; start, set going
Anregung, *f.* stimulation, impulse, incentive
an-reihen, to add to
an-reizen, to stimulate
an-rühren, to touch; stir, mix
an-säuren, to acidify, acidulate
anschaulich, clear, plain
Anschauung, *f.* idea, view
anscheinend, seeming
an-schließen (o, o), to join, ally, add
an-schwellen (o, o), to swell
an-sehen (a, e), to look at, regard
Ansehen, *n.* regard, esteem, reputation
Ansicht, *f.* view, opinion
an-spinnen (a, o), (to begin) to spin; arise
an-spornen, to spur on, stimulate
an-sprechen (a, o), to address; (lay) claim (to)
Anspruch, *m.* ⸗e, claim, demand; **in — nehmen,** to engage, claim, demand, make use of
Anstalt, *f.* institution, establishment
anstatt, instead of
an-steigen (ie, ie), to rise, ascend
an-stellen, to arrange, perform, make
Anstrengung, *f.* effort
an-tasten, to touch, attack
Anteil, *m.* -e, part, share; **— nehmen,** to take part in
Anthrazen', *n.* anthracene $(C_6H_4)_2C_2H_2$, *a complex hydrocarbon of the Benzol group*
Anthrazit', *m.* anthracite
antibakteriell', antibacterial
Antimon', *n.* antimony (Sb)
Antimon'trioxyd', *n.* antimony trioxide (Sb_2O_3)
Antwort, *f.* answer, reply
antworten, to answer, reply
an-vertrauen, to entrust
Anwärmevorrichtung, *f.* heating apparatus
an-weisen (ie, ie), to direct, refer
anwendbar, applicable, practicable
an-wenden (wandte, gewandt), to turn to, apply, use (*conjugated also as a regular weak verb*)
Anwendung, *f.* application, use
Anzahl, *f.* number
an-zeigen, to indicate; **jemandem etwas —,** inform a person of
an-ziehen (zog, gezogen), to attract, draw, pull
Anziehung, *f.* attraction
Anziehungskraft, *f.* ⸗e, attractive force

an-zünden, to ignite, light
Apatit′, *m.* apatite, phosphorite
Apothe′ke, *f.* drug store
Apothe′ker, *m.* apothecary, druggist
Apothe′kerlaufbahn, *f.* druggist's career
Apparat′, *m.* **–e,** apparatus, contrivance
Apparatenfärberei′, *f.* dyeing with mechanical contrivances
apparativ′, apparative
Appetit′, *m.* appetite
approximativ′, approximate
April′, *m.* April
Äquivalent′, *n.* **–e,** equivalent
Äquivalent′gewicht, *n.* **–e,** equivalent weight
Ära, *f.* era, period
ara′bisch, Arabian
Arbeit, *f.* work, labor; theme, article
arbeiten, to work, labor
Arbeiter, *m.* **—,** workman, worker
Arbeitsbetrag, *m.* **⸗e,** amount of work
Arbeitsfähigkeit, *f.* efficiency, ability to perform work
Arbeitsfeld, *n.* **–er,** field of work
Arbeitsgebiet, *n.* **–e,** sphere of action, field of work
Arbeitskraft, *f.* **⸗e,** working power
Arbeitsleistung, *f.* performance of work
Arbeitsmetho′de, *f.* working method
Arbeitsplatz, *m.* **⸗e,** workplace, workshop
Arbeitsraum, *m.* **⸗e,** laboratory
arbeitsreich, active, strenuous
arg, bad, gross
Argon, *n.* argon (Ar)
aristote′lisch, of Aristotle, Aristotelian
arm, poor, thin, weak
Armee′, *f.* army
aromatisch, aromatic
Arsen′, *n.* arsenic (As)
Arsen′trioxyd′, *n.* arsenic trioxide (As_2O_3)
Art, *f.* kind, species, nature; method, manner, way
arteriell′, arterial
Arznei′bereitung, *f.* preparation of medicine, making up prescriptions
Arznei′mittel, *n.* **—,** remedy
Arzt, *m.* **⸗e,** physician; **praktischer —,** medical practitioner
ärztlich, medical
As, Arsenikum (Arsen′), arsenic
Asbest′platte, *f.* asbestos plate
Asche, *f.* ash, ashes
Aschenbestandteil, *m.* **–e,** ash constituent
Aschenskelett′, *n.* ash skeleton
Aspirant′, *m.* **–en,** aspirant, candidate
assimilierbar, assimilable
Assistent′, *m.* **–en,** assistant
Astronomie′, *f.* astronomy
Äthan′, ethane (C_2H_6)
Athen′, Athens
Äther, *m.* ether
ätherisch, ethereal, essential, volatile
Äthylen′, *n.* ethylene (C_2H_4)
Atm. (**Atmosphäre**), atmosphere

atmen, to breathe
Atmosphäre, *f.* atmosphere
atmosphärisch, atmospheric
Atmung, *f.* respiration
Atmungsprozeß′, *m.* respiration
Atom′, *n.* **–e,** atom
atom′bindend, atom-combining
Atom′gewicht, *n.* **–e,** atomic weight
Atom′hypothe′se, *f.* atomic hypothesis
atomig, *adj.* atom, atomed
Atom′lehre, *f.* atomic theory
Atom′theorie′, *f.* atomic theory
Atom′wärme, *f.* atomic heat
ätzen, to etch, corrode; **—d,** caustic, corrosive
Ätzkali, *n.* caustic potash, potassium hydroxide (KHO)
Ätznatron, *n.* caustic soda, sodium hydroxide (NaOH)
Au, aurum (Gold), gold
auch, also, too, even, ever; **wenn —,** even if
Auditorium, *n.* audience
auf, on, upon, to, as to, in, for
Aufbau, *m.* building up, synthesis
auf-bauen, to build up
auf-bewahren, to keep, preserve
aufeinander, upon one another, each other
Aufenthalt, *m.* residence, sojourn
auf-fangen (i, a), to catch, collect
auf-fassen, to conceive, understand
Auffassung, *f.* conception, idea, interpretation
Auffassungsweise, *f.* method of interpretation, conception
auf-finden (a, u), to discover
Auffindung, *f.* discovery
auf-führen, to erect, raise, produce, quote, specify
auf-füllen, to fill up
Aufgabe, *f.* task, problem; giving up
auf-geben (a, e), to give up, abandon
auf-halten (ie, a), to hold up; retard; **sich —,** stay, abide
auf-heben (o, o), to lift, neutralize, remove; keep
auf-hören, to cease, stop
auf-klären, to clear up, enlighten, explain
Aufklärung, *f.* explanation
Aufkommen, *n.* rise, success
Aufl. (**Auflage**), *f.* edition
Auflehnung, *f.* insurrection
auf-lösen, to dissolve
Auflösung, *f.* solution
Auflösungsmittel, *n.* **—,** solvent
aufmerksam, mindful, attentive; **— machen,** to call attention to
Aufmerksamkeit, *f.* attention
Aufnahme, *f.* taking up, absorbing, admission
auf-nehmen (nahm, genommen), to take up, absorb, contain, accept
aufrecht, upright, erect; **— (er)halten,** to maintain
auf-regen, to excite, stimulate
auf-richten, to raise, erect
Aufsatz, *m.* **⸚e,** article, essay
auf-saugen (o, o), to suck up, absorb

auf-schlagen (u, a), to raise; einen Wohnsitz —, take up one's abode, locate
auf-schließen (o, o), to unlock; decompose
Aufschließung, *f.* decomposition
Aufschluß, *m.* explanation, information
aufschwimmend, floating
Aufschwung, *m.* growth, advance
auf-steigen (ie, ie), to ascend, rise
auf-stellen, to set up, establish, construct
Aufstellung, *f.* setting up, establishment
auf-suchen, to search for, seek, look up
auf-tauen, to thaw, melt
auf-tragen (u, a), to commission, entrust
auf-treten (a, e), to step forth, appear; occur
Aufwand, *m.* expenditure
auf-weisen (ie, ie), to point to, exhibit, present
Aufzeichnung, *f.* note, chronicle
auf-ziehen (zog, gezogen), to draw up, wind up; act; (*dyes*) go on, be absorbed
Auge, *n.* **–n,** eye
Augenblick, *m.* **–e,** instant, moment
augenscheinlich, evident
Augsburg, *city in Bavaria; pop.* (*1910*) *98,000*
August', *m.* August
Aurochlorid', *n.* aurous chloride ($AuCl_2$)
aus, out of, from, of, off
Ausarbeitung, *f.* working out, elaboration
aus-atmen, to exhale
Ausbau, *m.* (final) development
aus-bilden, to form, develop, educate; perfect
Ausbildung, *f.* formation, education, development
aus-blasen (ie, a), to blow out, extinguish
aus-brechen (a, o), to break out, start
aus-breiten, to extend, spread out, diffuse
Ausbreitung, *f.* extension, dissemination
Ausdauer, *f.* perseverance
aus-dehnen, to expand, extend; **ausgedehnt,** extensive, large
Ausdehnung, *f.* expansion, extension, extent
Ausdehnungskoeffizient', *m.* coefficient of expansion
Ausdruck, *m.* **⸗e,** expression, saying
aus-drücken, to express, state
ausdrücklich, express, explicit
Ausdrucksweise, *f.* mode of expression
auseinander, asunder, apart
auseinander-fallen (fiel, gefallen), to fall apart, separate
auseinander-liegen (a, e), to lie at a distance from one another
auseinander-setzen, to set forth, explain
Auseinandersetzung, *f.* explanation, discussion

aus-fallen (fiel, gefallen), to precipitate, be deposited; result
aus-fällen, to precipitate
Ausfällung, *f.* precipitation
aus-färben, to finish dyeing, dye completely
Ausfärbung, *f.* color; dyeing
aus-finden (a, u), to find out, discover
ausführbar, practicable, achievable
aus-führen, to lead out, execute, make, perform; erect; state
ausführlich, detailed, ample, exhaustive
Ausführung, *f.* execution, performance, making
aus-füllen, to fill out, full up
Ausgang, *m.* **⸚e,** going out, egress, exit, way out
Ausgangspunkt, *m.* starting point
aus-gehen (ging, gegangen), to go out, proceed
aus-gleichen (i, i), to equalize, neutralize
aus-graben (u, a), to dig up, exhume
Aushängebogen, *m.* — *or* ⸚, (last) proof sheet
aus-kleiden, to line (an oven)
Auskleidung, *f.* lining
aus-kommen (kam, gekommen), to manage, live
aus-kristallisieren, to crystallize (out)
Ausland, *n.* foreign country; **ins —,** abroad
ausländisch, foreign
aus-laugen, to wash in lye, leach (out)
Auslaugung, *f.* washing in lye, leaching
aus-machen, to amount to; constitute
aus-multiplizieren, to multiply (out)
Ausnahme, *f.* exception
ausnahmsweise, in exceptional cases
aus-nehmen (nahm, genommen), to take out, except
Ausnutzung, *f.* utilization
aus-prägen, to mark distinctly; **ausgeprägt,** pronounced, decided
aus-pressen, to press out, press
aus-probieren, to try out, test
aus-rechnen, to compute
aus-reichen, to suffice; get along with; **—d,** sufficient
aus-reifen, to ripen, mature
Ausrüstung, *f.* equipment, outfit
aus-sagen, to finish by saying, state
aus-salzen, to salt out, separate by addition of salt
aus-scheiden (ie, ie), to separate, liberate, extract, excrete, secrete
Ausscheidung, *f.* separation, precipitation
aus-schlagen (u, a), to beat out, flatten
ausschlagend, decisive
ausschlaggebend, decisive
aus-schleudern, to hurl forth, expel by centrifugal force
aus-schließen (o, o), to shut out, exclude
ausschließlich, exclusive(ly)
aus-schmücken, to embellish

aus-schöpfen, to scoop out, ladle out
aus-sehen (a, e), to appear, look
Aussehen, *n.* appearance
außen, outside; **nach —,** outward
Außenseite, *f.* outside
außer, except, besides
äußer, outer, external, outward
außerdem, moreover, besides
außergewöhnlich, extraordinary, unusual
außerhalb, outside of
äußern, to manifest, express
außerordentlich, extraordinary; **—er Professor,** assistant professor
äußerst, outermost, utmost; exceedingly; **aufs —e,** to extremes, to the utmost
aus-setzen, to expose; present
Aussicht, *f.* view, prospect
aussichtsvoll, full of prospects, promising
aus-sprechen (a, o), to state, say
aus-statten, to equip; endow
aus-stellen, to expose, exhibit
Ausstellung, *f.* exposition, exhibition
aus-stoßen (ie, o), to throw out, expel, emit
aus-strahlen, to radiate, emit
aus-tauschen, to exchange
aus-treiben (ie, ie), to drive out *or* off, expel, set free
Austreibung, *f.* driving out, expulsion
aus-treten (a, e), to go out, escape
Austritt, *m.* departure; escape
aus-trocknen, to dry out
aus-üben, to practise, perform, exert
Ausübung, *f.* practice
Auswahl, *f.* choice, selection
aus-walzen, to roll out
Auswanderung, *f.* emigration
auswärtig, foreign
aus-waschen (u, a), to wash out, wash
aus-zeichnen (sich), to distinguish oneself, be conspicuous, excel; **ausgezeichnet,** distinguished, excellent, eminent
Auszeichnung, *f.* distinction, honor
Auszug, *m.* **⁼e,** extract, extraction
autogen′, autogenic
Azetylen′, *n.* acetylene (C_2H_2)

B

B (Bor), boron
Ba (Baryum), barium
Bach, *m.* **⁼e,** brook, rivulet
Backstein, *m.* **–e,** brick
Bad, *n.* **⁼er,** bath
Bahn, *f.* track, path, road
bahnbrechend, opening the way, (as a) pioneer
bakteriologisch, bacteriological
balancieren, to balance
bald, soon; **— . . . —,** now . . . now
Ballast, *m.* ballast
Ballkleid, *n.* **–er,** ball *or* party dress
Band, *m.* **⁼e,** volume
Band, *n.* **–e,** bond, fetter

Bann, *m.* **–e,** ban, spell
Barock′gebäude, *n.* quaint building
Barometer, *m.* (*n.*) **—,** barometer
Barometerstand, *m.* **⸚e,** barometer height *or* reading
Baryt′, baryta (BaO); barite ($BaSO_4$)
Baryt′erde, *f.* barium oxide, baryta (BaO)
Baryum (Barium), *n.* barium (Ba)
Baryumoxyd′, *n.* barium oxide (BaO)
Baryumperoxyd′, *n.* barium peroxide (BaO_2)
Baryumsulfat′, *n.* barium sulphate ($BaSO_4$)
Baryumverbindung, *f.* barium compound
Basalt′, *m.* basalt
Base, *f.* base
Basel, *city in Switzerland, pop.* (*1910*) *133,000*
Basenanhydrid′, *n.* **–e,** base anhydride
Basis, *f., pl.* **Basen,** basis
basisch, basic
Basrelief′, *n.* bas-relief
Bast, *m.* **–e,** bast, fiber
Bastfaser, *f.* bast fiber
Bastseife, *f.* bast soap
Bastseifenbad, *n.* bast (fiber) soap bath
Batterie′, *f.* battery
Bau, *m.* **–e** *or* **Bauten,** structure, construction
bauen, to build, construct
Bauernhaus, *n.* **⸚er,** farm house
Baumaterial′, *n.* **–ien,** building material
Baumeister, *m.* **—,** architect
Baumöl, *n.* olive oil
Baumwolle, *f.* cotton
Baumwollfärberei′, *f.* cotton dyeing
Baumwollfarbstoff, *m.* **–e,** cotton dye
Baumwollfaser, *f.* cotton fiber
Baumwollkonsum′, *m.* cotton consumption
Baumwollverwendung, *f.* use *or* employment of cotton
Baustein, *m.* **–e,** building stone
Bauwerk, *n.* **–e,** structure, building
Bd. (Band), volume
beachten, to heed, notice
beackern, to cultivate
Beamte, *m.* **–n,** official, employee
beanspruchen, to require, claim
beantworten, to answer
Beantwortung, *f.* answer
bearbeiten, to work; elaborate, compile
Bearbeitung, *f.* working, working out, elaboration
beauftragen, to commission, authorize
bebauen, to work (upon)
Becherglas, *n.* **⸚er,** glass, tumbler
bedachen, to roof
Bedarf, *m.* need, demand
bedauern, to sympathize with, pity; regret, deplore
bedecken, to cover
bedeuten, to mean, signify
bedeutend, important, considerable, remarkable, distinguished

bedeutsam, significant, important
Bedeutsamkeit, *f.* significance, importance
Bedeutung, *f.* importance, meaning, significance
bedeutungslos, unimportant, insignificant
bedienen, to serve, work; **sich einer Sache —,** make use of
bedingen, to limit, restrict, stipulate, determine
Bedingung, *f.* condition, stipulation, restriction
bedürfen (bedurfte, bedurft) (*with gen.*), to need, have need of, require
Bedürfnis, *n.* **-se,** want, need, necessity
beein'flussen, to influence
Beeinflussung, *f.* influence, influencing
beenden, to finish, terminate
beendigen, to finish, terminate
Beendigung, *f.* conclusion, termination
beerdigen, to bury
befähigen, to enable
Befähigung, *f.* ability, talent
befassen (sich), to be concerned with, occupy oneself with
befestigen, to fasten, fix, clinch
befeuchten, to moisten, dampen
befinden (a, u), to find; **sich —,** be, be situated
befindlich, present, being, situated
befolgen, to follow, obey
befreien, to set free, liberate
befruchten, to enrich, fertilize
Befruchtung, *f.* enriching
Befund, *m.* state, condition, amount
begabt, gifted, endowed
Begabung, *f.* talent
Begebenheit, *f.* event, occurrence
begegnen, to meet
begehen (beging, begangen); **einen Fehler —,** to make a mistake
begehren, to demand, request
begeistert, enthusiastic, devoted
Begeisterung, *f.* enthusiasm
Begierde, *f.* eagerness, avidity
begierig, eager, greedy
beginnen (a, o), to begin
begleiten, to accompany
Begleiterscheinung, *f.* accompanying phenomenon *or* fact
begnügen (sich), to content oneself, be content
begreifen (begriff, begriffen), to grasp, comprehend, understand
begreiflich, comprehensible, clear
begrenzen, to limit, bound
Begriff, *m.* **-e,** idea, conception
begriffen (sein), to be engaged in, be
begründen, to found, establish, formulate
Begründer, *m.* **—,** founder
behalten (ie, a), to keep, retain
Behälter, *m.* **—,** receptacle, container
behandeln, to treat, discuss, deal with
Behandlung, *f.* treatment, work
beharren, to continue, persist

behaupten, to assert, declare, pretend
beherrschen, to dominate, control, master
behufs, in behalf of, for the purpose of
bei, at, by, with, in, in the case of
bei-behalten (ie, a), to keep to, adhere to, retain
bei-bringen (brachte, gebracht), to produce, cite
beide, both, two
Beifügung, *f.* appendage
Beigabe, *f.* supplement
beiläufig, incidental
bei-legen, to add, attribute
Beimengung, *f.* admixture, impurity
Beimischung, *f.* admixture, mixture
beinahe, nearly, almost
Beinschwarz, *n.* bone black
bei-setzen, to bury, entomb
Beispiel, *n.* **–e,** example, instance
beispielsweise, for example
beißen (i, i), to bite
Beistand, *m.* assistance
bei-steuern, to contribute
bei-tragen (u, a), to contribute
Beize, *f.* mordant; staining
beizen, to mordant, fix
Beizenfarbstoff, *m.* **–e,** mordant dye
bekämpfen, to combat, resist
bekannt, familiar, (well) known, acquainted
Bekanntgabe, *f.* publication, making known
bekanntlich, as everyone knows
beklagen, to lament (over)
bekleiden, to clothe; **ein Amt —,** occupy a post, hold an office
Bekleidungsstoff, *m.* **–e,** clothing material
bekommen (bekam, bekommen), to get, receive, obtain
belangreich, very important
belasten, to load, weight
beleben, to revive
belegen, to enroll; prove
Beleuchtung, *f.* illumination
Beleuchtungsart, *f.* kind of illumination
Beleuchtungszweck, *m.* **–e,** illumination purpose
Belgien, *n.* Belgium
beliebig, optional, any desired, at pleasure
beliebt, popular, favorite
bemerkbar, remarkable
bemerken, to notice, observe, note
bemerkenswert, remarkable, noteworthy
bemessen (a, e), to measure, adjust
bemühen (sich), to endeavor, labor
Bemühung, *f.* exertion, labor; effort
beneiden, to envy
benennen (benannte, benannt), to name, call
Benennung, *f.* naming, names
benetzen, to moisten, wet
Benetzung, *f.* wetting, moistening
Benetzungswärme, *f.* moisture temperature
benötigen, to require, need

benutzen, benützen, to use, employ
Benützung, *f.* use, employment, aid
Benzol′, *n.* benzine (C_6H_6); benzol (*commercial benzine*)
beobachten, to observe
Beobachter, *m.* —, observer
Beobachtung, *f.* observation, observance
Beoabchtungsgabe, *f.* power of observation
Beobachtungszimmer, *n.* observation room
bequem, convenient, comfortable; easy; suitable
Bequemlichkeit, *f.* convenience
berauben, to rob, deprive
berauschen, to intoxicate
berechnen, to calculate
Berechnung, *f.* calculation
Bereich, *m.* –e, sphere, domain, realm
bereichern, to enrich
bereit, ready, prepared; willing
bereiten, to prepare, make ready
bereits, already, previously
Bereitung, *f.* preparation, manufacture
bereitwillig, ready, willing
Berg, *m.* –e, mountain
bergen (a, o), to hide, conceal
Berggipfel, *m.* mountain top
Bergwerk, *n.* –e, mine, pit
Bergwerksexamen, *n.* mining examination
Bergwesen, *n.* mining (industry)
Bericht, *m.* –e, report, account, statement; minutes
berichten, to report, inform, give full particulars
Berliner Blau, *n.* Berlin *or* Prussian blue, ferrocyanide of iron, $Fe_4(FeCy_6)_3$
berüchtigt, notorious
berücksichtigen, to consider, regard, bear in mind
Berücksichtigung, *f.* consideration
Beruf, *m.* –e, calling, profession
berufen (ie, u), to call, appoint
Berufung, *f.* summons; calling, appointment
beruhen, to rest, be founded
berühmt, famous
berühren, to touch; affect a person
Berührung, *f.* contact, touch
Beryllium, *n.* beryllium (Be)
beschaffen (beschuf, beschaffen), to make, constitute
Beschaffenheit, *f.* constitution, quality, nature
beschäftigen (sich), to occupy oneself, work at, be busy, be concerned
Beschäftigung, *f.* work
bescheiden (ie, ie), to assign, bestow
bescheiden, modest, humble
Bescheidenheit, *f.* modesty
Beschlag, *m.* ⸗e, coating, tarnish, efflorescence
beschlagen (u, a), *refl.*, to become coated with moisture, oxide, *or* mold; tarnish
beschleunigen, to accelerate, hasten
beschließen (o, o), to resolve, decide, determine upon
beschränken, to limit, confine, restrict

beschreiben (ie, ie), to describe
Beschreibung, *f.* description
Beschuldigung, *f.* accusation
Beschwerde, *f.* trouble, annoyance
beseelen, to inspire, animate
beseitigen, to remove, banish
Beseitigung, *f.* removal
besetzen, to fill, crowd, occupy, seize
besitzen (besaß, besessen), to possess, own
Besitzung, *f.* manor, estate
besonder, especial, particular, separate, peculiar; **im —en,** especially, in particular
besonders, especially
besprechen (a, o), to discuss, review
Besprechung, *f.* discussion
Bessemerbirne, *f.* Bessemer converter (pear)
besser, better
bessern, to better, improve
best, best; **am —en,** best
beständig, stable, durable, continual, constant
Bestandteil, *m.* –**e,** constituent part, ingredient
bestätigen, to confirm, prove
bestatten, to bury, inter
bestehen (bestand, bestanden), to exist, consist, meet; — **aus,** consist of
Bestellung, *f.* arrangement; cultivation
bestimmen, to induce, determine, decide; ascertain; **—d,** decisive
bestimmt, definite, fixed, certain; appointed
Bestimmung, *f.* determination, decision; analysis, measurement; provision
bestreben, to strive, endeavor
Bestrebung, *f.* effort, endeavor
bestreichen (i, i), to coat, paint
bestreiten (bestritt, bestritten), to dispute, deny
Besuch, *m.* –**e,** visit
besuchen, to visit
Beta, *f.* beta (*Greek letter b*)
Betätigung, *f.* manifestation
betäuben, to stupefy, benumb
beteiligt, participating
betonen, to lay stress upon, emphasize
Betracht, *m.* consideration
betrachten, to consider, observe, regard
beträchtlich, considerable
Betrachtung, *f.* consideration, observation, view
Betrachtungsweise, *f.* way of thinking, point of view
Betrag, *m.* ⁼**e,** amount, sum
betragen (u, a), to amount to
betreffen (betraf, betroffen), to concern, relate to
betreffend, concerned, respective, in question
betreiben (ie, ie), to carry on, operate, pursue, follow
Betrieb, *m.* –**e,** work, operation, business
betten, to imbed, bed
beurteilen, to estimate, judge
Beurteilung, *f.* judging, estimation, valuation
Bevölkerung, *f.* population
bevor, before
bevorzugen, to prefer, favor
bewachsen, grown over with, covered

bewahren, to keep, preserve
bewähren (sich), to stand the test
bewältigen, to accomplish, manage
bewässern, to water, moisten
bewegen (sich), to move, stir, agitate
beweglich, movable, mobile
Beweglichkeit, *f.* mobility
Bewegung, *f.* motion, movement
bewehren, to arm, equip
Beweis, *m.* **–e,** proof
beweisen (ie, ie), to prove, show
Bewerber, *m.* —, applicant
bewirken, to effect, bring about, cause
bewohnen, to inhabit, occupy
bewundern, to admire
bewundernswert, marvelous, remarkable
Bewunderung, *f.* admiration
bezeichnen, to mark, label, designate, signify
Bezeichnung, *f.* designation, characterization
beziehen (bezog, bezogen), to order, procure; refer; **sich auf etwas —,** refer to, relate to something
Beziehung, *f.* relation, regard, respect, reference
Bezug, *m.* **⸗e,** reference, respect; **in bezug auf,** with respect to
bezw. (beziehungsweise), respectively, or as the case may be
Bi, Bismutum (Wismut), bismuth
Bibliographie′, *f.* bibliography
biegen (o, o), to bend, curve
biegsam, pliant, flexible
Biegung, *f.* bending, flexure
Bienenwachs, *n.* beeswax
Bier, *n.* **–e,** beer
bieten (o, o), to offer, afford
Bild, *n.* **–er,** image, picture
bilden, to form, make, cultivate, educate
bildlich, pictorial, figurative
Bildung, *f.* formation, culture, education
billig, cheap; proper, just
binär′, binary
Bindemittel, *n.* —, combining agent, binding material
binden (a, u), to bind, combine
Bindung, *f.* binding, bond
Birne, *f.* pear; converter; bulb
birnförmig, birnenförmig, pear-shaped, pyriform
bis, till, until, to, as far as
Bisaccharid′, *n.* **–e,** bisaccharide ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
bisher, heretofore, up to now
bisherig, up to now, previous
bißchen, a little, a little bit
bisweilen, sometimes
bitten (bat, gebeten), to ask, beg, invite
bitter, bitter
Bittererde, *f.* magnesia
Bittermandelöl, *n.* oil of bitter almond, benzaldehyde, $C_6H_5(COH)$
Bittersalz, *n.* **–e,** Epsom salt, magnesium sulphate ($MgSO_4$)
bituminös′, bituminous
blank, bright, clean, white
Bläschen, *n.* —, small bubble

Blase, *f.* bubble
blasen (ie, a), to blow, force
Blättchen, *n.* —, leaflet, lamina
blätterig, leafy, foliated, laminated
Blattorgan′, *n.* –e, leaf organ
blau, blue
bläuen, to dye blue, turn blue
blaugrau, blue-gray
Blauholz, *n.* Campeachy wood
bläulich, bluish
bläulichweiß, bluish white
Blausäure, *f.* hydrocyanic acid (HCN)
Blausäurevergiftung, *f.* hydrocyanic poisoning
Blei, *n.* lead (Pb)
bleiben (ie, ie), to remain, stay; **bei etwas —,** stick to, continue; **—d,** lasting, enduring
bleichen (bleichte, gebleicht), to bleach, blanch, whiten
bleichen (i, i), to lose color, fade, turn white
Bleichmittel, *n.* —, bleaching agent
Bleichsucht, *f.* paleness, chlorosis (*a plant disease*)
Bleierz, *n.* –e, lead ore
Bleiglanz, *m.* lead glance, galena (PbS)
Bleiglätte, *f.* (gelblich-rotes Bleioxyd), litharge
bleigrau, lead-gray
Bleikammer, *f.* lead chamber
Bleikarbonat′, *n.* lead carbonate ($PbCO_3$)
Bleikolik, *f.* lead colic
Bleinitrat′, *n.* lead nitrate, $Pb(NO_3)_2$
Bleioxyd′, *n.* lead oxide (PbO)
Bleisalz, *n.* –e, lead salt
Bleisuperoxyd′, *n.* lead peroxide (PbO_2)
Bleivitriol′, *m.* lead vitriol, lead sulphate ($PbSO_4$)
Bleiweiß, *n.* white lead
Bleiwerk, *n.* –e, lead mine
Bleizucker, *m.* sugar of lead, lead acetate, $Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3H_2O$
blenden, to blind, dazzle
blendendweiß, blinding white
Blick, *m.* –e, look, glance; vision
blicken, to glance, look
Block, *m.* ⸗e, block, boulder
bloß, bare, mere, sole
blühen, to bloom, flourish
Blume, *f.* flower
Blut, *n.* blood
Blutandrang, *m.* rush of blood
Blutarmut, *f.* anemia
Blütestätte, *f.* chief abode
Blutlaugensalz (Ferrozyankalium), *n.* potassium ferrocyanide, $K_4Fe(CN)_6$
blutrot, blood-red
Blutstein, *m.* bloodstone, hematite
Boden, *m.* ⸗, ground, floor, bottom, soil
Bodenanaly′se, *f.* soil analysis
Bodenart, *f.* soil variety
Bodenbeschaffenheit, *f.* quality of soil, soil constitution
Bodenfiltration′, *f.* soil filtration
Bodenkonstituent′, *m.* –en, soil constituent
Bodenkultur′, *f.* agriculture
Bodenluft, *f.* air in the soil
Bodenprobe, *f.* soil specimen
Bodenprofil′, *n.* soil *or* land profile

Bodenschicht, *f.* soil stratum
Bodenuntersuchung, *f.* soil analysis
Bodenverhältnis, *n.* **–se,** condition of the soil
Bogen, *m.* **⸗,** bend, arc; sheet of paper
Bogenlampe, *f.* arc lamp
Bogenlicht, *n.* **–er,** arc light
Böhmen, *n.* Bohemia, *a crownland of Austria; area 20,064 sq. mi., pop. (1910) 6,800,000*
Bohne, *f.* bean
bohren, to bore
Bonn, *city in western Prussia; pop. (1910) 88,000; Bonn University, 3920 students (1912)*
Bor, *n.* boron (B)
Borax, *m.* borax ($Na_2B_4O_7 + 10H_2O$)
Boraxperle, *f.* borax pearl
Borchlorid′, *n.* boron chloride (BCl_3)
Bortrioxyd′, *n.* boron trioxide (B_2O_3)
Botanik′, *f.* botany
Botaniker, *m.* **—,** botanist
Br (Brom), bromine
Brand, *m.* **⸗e,** combustion, fire
Branntwein, *m.* spirits (*brandy, whiskey, etc.*)
Brasilien, *n.* Brazil
brauchbar, useful, practicable
Brauchbarkeit, *f.* fitness, usefulness
brauchen, to need, require; use
Brauchwasser, *n.* water fit for use
Brauchwasseruntersuchung, *f.* analysis of water fit for use
braun, brown
Brauneisenerz, *n.* brown iron ore, limonite
bräunen, to brown, dye brown
Braunkohle, *f.* brown coal, lignite
bräunlich, brownish
Braunschweig, Brunswick, *a city in northwestern Prussia; pop. (1910) 144,000*
Braunstein (Mangan′dioxyd), *m.* manganese dioxide (MnO_2)
brechen (a, o), to break; change, decompose
Brechmaische, *f.* mash, crushing apparatus
Brei, *m.* **–e,** pulp, paste, mash
breiartig, pulpy, pasty
breiig, pulpy, pasty
breit, broad, wide
Breite, *f.* width; latitude
brennbar, combustible
Brennbarkeit, *f.* combustibility
brennen (brannte, gebrannt), to burn
Brenner, *m.* **—,** burner
Brennmaterial′, *n.* fuel
Brennöffnung, *f.* flame vent, furnace opening, flue
Brenzcatechin′, *n.* pyrocatechol, pyrocatechin, $C_6H_4(OH)_2$
brenzlich, tarry, like tar
Brenztraubensäure, *f.* pyroracemic acid, $CH_3CO.CO_2H$
Brief, *m.* **–e,** letter
Brikett′, *n.* **–s,** briquette
bringen (brachte, gebracht), to bring; **es mit sich —,** necessitate; **etwas zuwege —,** effect, accomplish; **zum Sprechen —,** bring up for discussion, make known

Brom, *n.* bromine (Br)
Bruch, *m.* ⸚e, fracture, crack, cleft
Bruchfläche, *f.* surface of fracture
brüchig, brittle, short
Bruchteil, *m.* –e, fraction
Brückenbaute, *f.* bridge (construction)
Bruder, *m.* ⸚, brother
Brunnen, *m.* —, well, spring
Brunnenkur, *f.* mineral-water cure
Brunnenwasser, *n.* well *or* spring water
Buchhändler, *m.* —, bookseller, publisher
Buchstabe, *m.* –n, letter
Bunsenflamme, *f.* Bunsen flame
bunt, many-colored, variegated, bright
Bürger, *m.* —, inhabitant, citizen
Bürgerkrieg, *m.* –e, civil war
büßen, to atone for, pay for
Büttenpapier′, *n.* –e, vat paper, handmade paper
Butter, *f.* butter
Byzantinertum, *n.* byzantinism
bzw. **(beziehungsweise),** respectively, or, as the case may be

C

C, Carbonicum (Kohlenstoff), carbon
ca., cirka (zirka), approximately
Ca **(Kalzium),** calcium
Cadmium (Kadmium), *n.* cadmium (Cd)
Cadmiumsulfid,′ *n.* cadmium sulphide (CdS)
cal., Kalorie,′ calorie
Calcium (Kalzium), *n.* calcium (Ca)
Carbonado, *n.* carbonado
cbm (Kubikmeter), *m.* cubic meter
ccm (Kubikzentimeter), *m.* cubic centimeter
Cer (Zer), *n.* cerium (Ce)
Chamäleonlösung, *f.* potassium permanganate solution ($KMnO_4 + H_2O$)
Chappe, *f.* spun silk
Charak′ter, *m.* –e, character, nature
charakterisieren, to characterize
charakteristisch, characteristic, distinctive
Charlottenburg, *a suburb of Berlin; pop. (1910) 305,000*
Chemie′, *f.* chemistry
Chemiker, *m.* —, chemist
chemisch, chemical
Chemnitz, *city in Saxony; pop. (1910) 248,000*
Chilisalpeter, *m.* Chili saltpeter, sodium nitrate ($NaNO_3$)
Chilisalpeterlager, *n.* —, Chili saltpeter bed
chine′sische Tusche, *f.* China (India) ink
Chlor, *n.* chlorine (Cl)
Chloralkali, *n.* –en, chloroalkali
Chlorat′, *n.* –e, chlorate
Chlorbaryum, *n.* barium chloride ($BaCl_2$)
Chlorgas, *n.* chlorine gas
Chlorid′, *n.* –e, chloride

chlorige Säure, *f.* chlorous acid ($HClO_2$)
Chlorkalium, *n.* potassium chloride (KCl)
Chlorkalklösung, *f.* chloride of lime solution
Chlorkalzium, *n.* calcium chloride ($CaCl_2$)
Chlormetall', *n.* **–e,** metallic chloride
Chlornatrium, *n.* sodium chloride (NaCl)
Chlorophyll', *n.* chlorophyl
Chlorreaktion', *f.* chlorine reaction
Chlorsäure, *f.* chloric acid ($HClO_3$)
chlorsaures Baryum, *n.* barium chlorate, $Ba(ClO_3)_2$
chlorsaures Kali, *n.* = **Kaliumchlorat,** potassium chlorate ($KClO_3$)
Chlorstickstoff, *m.* nitrogen chloride (NCl_3)
Chlorür', *n.* -ous chloride; *Ex.* **Eisenchlorür** ferrous chloride
Chlorwasser, *n.* chlorine water
Chlorwasserstoff, *m.* hydrochloric acid (HCl)
Chlorzink, *n.* zinc chloride ($ZnCl_2$)
Chrom, *n.* chromium (Cr)
Chromchlorür', *n.* chromous chloride ($CrCl_2$)
chromieren, to chrome
Chromoxyd', *n.* chromic oxide (Cr_2O_3)
Chromsäure, *f.* chromic acid (H_2CrO_4)
chronologisch, chronological
Cl (Chlor), chlorine
cm (Zentimeter), *m.* centimeter
cmg, gram-centimeter
Co (Kobalt), cobalt
Cochenille, *f.* cochineal
Cölestin', *m.* celestite, native strontium sulphate
Congorot, *n.* Congo red
Coniin', *n.* conine, coniine ($C_8H_{17}N$), *a powerful and very poisonous alkaloid found in the hemlock and extracted as a colorless oil*
Cops, *n.* linen thread
Cordonnet', *n.* cordonnet (*loosely spun thick silk thread*)
Cr (Chrom), chromium
Cu, cuprum (Kupfer), copper
Curcuma (Kurkuma), *f.* curcuma, turmeric, *an East Indian plant*

D

da, *adv.* there, here, then; *conj.* as, since, because
dabei, thereby, therewith, incidentally, moreover
dadurch, through it, thereby, in this way
dafür, for it, for that, *etc.*
dagegen, against it, on the other hand
daher, therefore, from this
dahin, thereto, thither, to this, thus; **bis —,** till then
damalig, at that time, then
damals, at that time
damit, therewith, with it; *conj.* in order that
Dampf, *m.* **⸗e,** vapor, steam, fume

Dampfdichte, *f.* vapor density
Dampfdichtebestimmung, *f.* determination of vapor density
Dampfdruck, *m.* vapor *or* steam pressure
dampfförmig, vaporous
Dampfmaschine, *f.* steam engine
danach, after that, thereupon; accordingly, therefore; for this, to this end
Dänemark, *n.* Denmark
dank, *prep.* thanks to, owing to
Dankbarkeit, *f.* gratitude
danken, to thank
dann, then
daran, to it, thereby, thereon
darauf, thereupon, afterwards, then, next, to it, on it, *etc.*
daraus, therefrom, from it, from this, *etc.*
dar-bringen (brachte, gebracht), to present, offer
darin, therein, in it
Darlegung, *f.* explanation, statement
Darmstadt, *city in southwestern Prussia; pop.* (*1910*) *87,000*
dar-stellen, to represent, show; produce, manufacture; prove, be
Darstellung, *f.* preparation, production, manufacture; description; exhibition
darüber, above it, overhead, past, concerning it
darum, therefore
darunter, underneath, by it, by this, among them
Dasein, *n.* existence
daselbst, there
daß, that, so that, in order that
da-stehen (stand, gestanden), to stand forth
Dauer, *f.* duration, length of time; **auf die —,** for long, permanently
dauern, to last, endure; **—d,** permanent, enduring
Daumen, *m.* **—,** thumb
davon, thereof, therefrom, of them
dazu, thereto, for it, for that, in addition
decken, to cover, supply; **sich mit etwas —,** coincide
definieren, to define; decide; fix
definitiv′, definite, precise
dehnbar, extensible, ductile
Dehnbarkeit, *f.* ductility, elasticity
Dekaammin′, *n.* **–e,** dekammine (*one of the series of the cobalt ammine salts*)
Dekan′, *m.* **–e,** dean
Dekret′, *n.* **–e,** decree
dementsprechend, correspondingly
demgemäß, accordingly
demnach, accordingly, therefore
Demonstration′, *f.* demonstration
denkbar, conceivable
denken (dachte, gedacht), to think; imagine
Denkmal, *n.* **⸗er,** monument
denkwürdig, memorable, notable
denn, for, because; then, indeed

dennoch, nevertheless, however
der, die, das, the
derartig, such, of the kind
derb, rough, strong, solid
dergl., dergleichen, such, the like
Derivat', *n.* **–e,** derivative
derjenige, diejenige, dasjenige, that one, that
derselbe, dieselbe, dasselbe, the same
deshalb, therefore
Desinfektions'mittel, *n.* **—,** disinfectant
Destillat', *n.* **–e,** distillate
Destillation', *f.* distillation
Destillations'produkt', *n,* **–e,** product of distillation
destillieren, to distil
desto, the, so much; **je . . . desto,** the . . . the
deuten, to point; explain
deutlich, clear, distinct, plain
Deutlichkeit, *f.* clearness
deutsch, German
Deutschland, *n.* Germany
Deutung, *f.* interpretation
Dextrin', *n.* dextrin, starch-gum ($C_6H_{10}O_5$)
Dezember, *m.* December (Dez.)
Dezimal'bruch, *m.* **⸗e,** decimal
d. h. (das heißt), that is, that is to say
d. i. (das ist), that is
Diamant', *m.* **–en,** diamond
Diaphragma, *n.* diaphragm
diätetisch, dietetic
Diatri'be, *f.* diatribe, attack
Diazotierung, *f.* diazotization (*bringing about a reaction whereby diazo compounds are employed in substitution*)
dicht, dense, close, compact
Dichte, *f.* density
Dichtigkeit, *f.* density
dick, thick
Dicke, *f.* thickness
dickflüssig, viscous, viscid
Dickicht, *n.* thicket
Dicksaft, *m.* thick juice, syrup
Didaktik, *f.* didactics, methods of teaching
dienen, to serve
Dienst, *m.* **–e,** service, duty
Dienstjahr, *n.* **–e,** year of service
dieser, diese, dieses this, the latter
Differenz', *f.* difference
diffundieren, to diffuse
Diffuseur', *m.* **–e,** diffuser
Diffusion', *f.* diffusion
Diffusions'saft, *m.* diffusion liquor *or* liquid
Dill, *m.* dill
dimorph, dimorphous
Ding, *n.* **–e,** thing, object; **vor allen —en,** in the first place, chiefly
direkt', direct
Dissertation', *f.* dissertation, article
Dissoziation', *f.* dissociation
dissoziieren, dissociate
Disziplin', *f.* branch of knowledge, study
dividieren, to divide
doch, yet, however, after all, of course, indeed, really
Docht, *m.* **–e,** wick
Doktor, *m.* **–en,** doctor
Doktorgrad, *m.* doctor's degree

Dolomit′, *m.* dolomite, magnesian limestone
dominieren, to dominate
donnern, to thunder
Doppelatom′, *n.* –e, double atom
Doppelnatur′, *f.* double nature, dual character
Doppelrost, *m.* –e, double grate
doppelt, double, twofold; twice
Dorf, *n.* ⸚er, village
dörren, to dry, cure
dort, there
dortig, *adj.* of that place, there
dozieren, to instruct, lecture
Draht, *m.* ⸚e, wire
Drahtnetz, *n.* wire gage *or* net
Drahtspira′le, *f.* wire spiral
drastisch, drastic
drehbar, capable of being revolved, turning, rotary
drehen, to turn, twist, revolve
dreifach, threefold, treble
dreißig, thirty; **in den —er Jahren**, in the thirties
dreistündig, *adj.* three hours
dreiwertig, trivalent
dritt, third
Drittel, *n.* —, third
Druck, *m.* –e, pressure; print(ing)
drucken, to print
Drucker, *m.* —, printer
druckfest, incompressible
Drucksteigerung, *f.* increase in pressure
Druckverminderung, *f.* reduction of pressure
Dualis′mus, *m.* dualism
dualistisch, dualistic
duktil, ductile
dumm, stupid
Düngemittel, *n.* —, manure, fertilizer
Düngung, *f.* manuring, fertilizing
dunkel, dark
dunkelbraun, dark brown
dunkelgrau, dark gray
dunkelrot, dark red
Dunkelrotglut, *f.* dark red glow *or* heat
dünn, thin, dilute
dünnflüssig, thinly liquid, watery
Dünnsaft, *m.* ⸚e, thin juice *or* liquid
durch, through, by (means of)
durch-arbeiten, to work through, elaborate; knead
durchaus, throughout, thoroughly, by all means; — **nicht**, by no means
Durchdenken, *n.* contriving, planning
durchdringen (a, u), to penetrate, pervade
durch-führen, to execute, accomplish
Durchführung, *f.* accomplishment, performance
durch-lassen (ie, a), let through, filter
durch-lesen (a, e), to read through, peruse
Durchmesser, *m.* —, diameter
durchnässen, to wet through, soak
durch-nehmen (nahm, genommen), to go through, deal with
Durchreise, *f.* journey (through)

durchreisen, to travel through
durch-schneiden (schnitt, geschnitten), to cut through, intersect
Durchschnitt, *m.* **–e,** section, cut, average
durchschnittlich, average; *adv.* on the average
Durchschnittsertrag, *m.* **⸚e,** average yield
Durchschnittspreis, *m.* **–e,** average price *or* cost
Durchschnittsprobe, *f.* average specimen
Durchschnittswert, *m.* **–e,** average value
durch-schütteln, to shake thoroughly
durchsichtig, transparent
durch-sickern, to ooze through, percolate
durchstrahlt, illuminated
durch-streichen (i, i), to cross, put a line through
durchwandern, to wander through
dürfen (durfte, gedurft), to be permitted, may, can
Dutzend, *n.* **–e,** dozen
Dynamit′, *n.* dynamite
Dyne, *f.* dyne

E

eben, level, plane, smooth; *adv.* just
ebenfalls, likewise
ebenso, just as, so, likewise
ebensogut, just as well
ebensoviel, just as much(many)
echt, genuine, real; unadulterated, pure
Echtfärben, *n.* genuine dyeing
Echtfärberei′, *f.* permanent dyeing, fast dyes
Echtfärbeverfahren, *n.* real dyeing process
Echtheit, *f.* genuineness, sterling worth; warrant
Echtheitseigenschaft, *f.* genuine quality
edel, noble, precious
Edelmetall′erz, *n.* **–e,** noble metal ore
Edelmut, *m.* noble-mindedness
Edelstein, *m.* **–e,** precious stone, gem
ehe, *conj.* before
ehedem, formerly
eher, *adv.* sooner, rather, more easily
Ehre, *f.* honor; reputation
ehren, to honor, esteem
Ehrenmitglied, *n.* **–er,** honorary member
Ehrenplatz, *m.* seat *or* place of honor
Ehrung, *f.* honor
ehrwürdig, venerable
Ei, *n.* **–er,** egg
eifrig, zealous, eager
eigen, own, special, odd, individual
Eigenart, *f.* peculiarity
eigenartig, peculiar
eigens, expressly, specially
Eigenschaft, *f.* property, quality, characteristic; capacity
eigentlich, real, proper, true
eigentümlich, peculiar; individual
Eigentümlichkeit, *f.* peculiarity, characteristic
eignen (sich), to be adapted

ein, eine, ein, a, an, one
einander, one another, each other
ein-äschern, to reduce to ashes, incinerate, calcine
ein-atmen, to inhale
einatomig, monatomic
ein-blasen (ie, a), to blow in (into), insufflate
Einblick, *m.* insight
ein-bürgern (sich), to become adopted
Einbuße, *f.* damage, loss
ein-dampfen, to evaporate, boil down
ein-dicken, to thicken, inspissate
ein-dringen (a, u,) to penetrate, rush in
Eindruck, *m.* ⸗e, impression
einerseits, on the one hand
einfach, simple
Einfachheit, *f.* simplicity
ein-fallen (fiel, gefallen), to fall into; occur
ein-flechten (o, o), to interweave, introduce
ein-flicken, to insert; introduce
Einfluß, *m.* ⸗e, influence
Einfuhr, *f.* import(ation)
ein-führen, to introduce
Einführung, *f.* introduction, adoption
ein-füllen, to fill, pour in
Eingang, *m.* ⸗e, entrance; entering, ingress
eingangs, at the beginning, previously
ein-geben (a, e), to give, introduce
ein-gehen (ging, gegangen), to go into, enter, arrive; **—d,** thorough, in detail, exhaustive
eingeschliffen, cut, ground
eingesprengt, interstratified
ein-gestehen (gestand, gestanden), to confess, admit
eingewachsen, grown in, welded
ein-gießen (o, o), to pour in, infuse
ein-halten (ie, a), to keep, observe
ein-händigen, to hand over, deliver
Einheit, *f.* unit, unity
einheitlich, united, uniform
ein-holen, to ask for, solicit
einigen, to unite
einige, some, several, a few
einigermaßen, to some extent, somewhat
Einigung, *f.* unification
Einklang, *m.* harmony
ein-kochen, to boil down, condense, evaporate
ein-leiten, to introduce; begin, bring about
einleuchtend, evident, obvious
einmal, once, some day; **auf —,** at one time; **nicht —,** not even; **noch —,** once more, again
ein-meißeln, to chisel (into), engrave
ein-nehmen (nahm, genommen), to take in, occupy, take up
ein-reihen, to arrange, classify
ein-richten, to arrange, adapt, construct, equip
Einrichtung, *f.* arrangement,

contrivance, device, fittings, equipment, provision
ein-saugen (o, o), to absorb
ein-schätzen, to estimate, appraise
ein-schieben (o, o), to insert, add
einschlägig, appropriate
ein-schließen (o, o), to enclose, include
einschließlich, with inclusion of, inclusive
ein-schmelzen (o, o), to melt up, reduce; seal
ein-schneiden (schnitt, geschnitten), to cut into
ein-sehen (a, e), to look into, perceive; examine
einseitig, one-sided, narrow
Einseitigkeit, *f.* one-sidedness, narrowness
ein-senden (sandte, gesandt), to send in, forward
ein-setzen, to set in, insert; stake, pledge
Einsicht, *f.* insight, understanding
Einsiedeln, *town in Canton Schwyz, Switzerland; pop. (1910) 10,000*
ein-stellen, to put in, set in; suspend, stop; **sich** —, appear
ein-tauchen, to dip, plunge, immerse
ein-teilen, to divide, distribute, classify
Einteilung, *f.* division, classification
eintönig, monotonous
ein-tragen (u, a), to carry in, bring
ein-treffen (traf, getroffen), to arrive
ein-treten (a, e), to step in, enter; set in, occur
ein-trocknen, to dry (up)
Einverleibung, *f.* assimilation
ein-weihen, to initiate; introduce
einwertig, univalent, monovalent
ein-wirken, to act on, affect
Einwirkung, *f.* action, effect, influence
einzeln, single, only, individual, separate, isolated; **im —en,** individually
Einzelprobe, *f.* individual sample *or* specimen
einzig, only, single, unique; peerless
Einzug, *m.* entry, entrance
Eis, *n.* ice
Eisen, *n.* —, iron (Fe)
Eisenbahn, *f.* railroad
Eisenblechkessel, *m.* —, sheet iron kettle *or* caldron
Eisenchlorid′, *n.* iron (ferric) chloride ($FeCl_3$)
Eisenchlorür′, *n.* ferrous chloride ($FeCl_2$)
Eisenerz, *n.* –e, iron ore
Eisengießerei, *f.* iron foundry
Eisenglanz, *m.* iron glance (*form of hematite*)
Eisengußwaren, *f. pl.* cast-iron ware *or* goods
Eisenindustrie′, *f.* iron industry
Eisenkies, *m.* iron pyrites (FeS_2)
Eisenmangan′legierung, *f.* alloy of iron and manganese

Eisenmasse, *f.* iron mass
Eisenoxyd', *n.* ferric oxide (Fe_2O_3)
Eisenoxyd'hydrat', *n.* ferric hydroxide, limonite
Eisenoxydul', *n.* ferrous oxide (FeO)
Eisenoxydul'oxyd', *n.* ferrosoferric oxide (Fe_3O_4)
Eisensalz, *n.* **–e,** ferric salt
Eisensäuerling, *m.* **–e,** chalybeate water (*water containing iron salts*)
Eisensorte, *f.* kind of iron
Eisenspat, *m.* siderite, lodestone, *one of the important iron ores*
Eisenstange, *f.* iron rod
Eisenstück, *n.* **–e,** piece of iron
Eisensulfür', *n.* ferrous sulphide (FeS)
Eisenteilchen, *n.* iron particle
Eisenvitriol', *m.* iron vitriol, ferrous sulphate ($FeSO_4$)
eisern, of iron, iron
eiskalt, ice-cold
Eiskasten, *m.* **̈–,** ice-chest
Eisschrank, *m.* **̈–e,** ice-box refrigerator
eitel, vain
Eiweiß, *n.* white of egg, albumen
eiweißähnlich, albuminoid
Eiweißbedarf, *m.* albumin requirement
Eiweißgehalt, *m.* albumin content
Eiweißkörper, *m.* **—,** albuminous substance
ekelerregend, loathsome, nauseous
eklatant', brilliant; striking
Elastizität', *f.* elasticity
Elastizitäts'grenze, *f.* limit of elasticity
Elba, Elba, *an island in the Mediterranean, belonging to Italy*
elektrisch, electric
Elektrizität', *f.* electricity
Elektro'de, *f.* electrode
Elektroly'se, *f.* elektrolysis
elektrolytisch, electrolytic
Elektrotechnik, *f.* electro-technics
Element', *n.* **–e,** element
Elementar'eigenschaft, *f.* elementary characteristic
Elementar'unterricht, *m.* elementary instruction
elend, miserable, pitiful
Emeritus, *m.* emeritus (retired, honorary)
empfangen (i, a), to receive
empfehlen (a, o), to recommend
empfinden (a, u), to feel, perceive
empfindlich, sensitive, severe
empyreumatisch, empyreumatic, *having the peculiar smell and taste of decomposed animal and vegetable substances when burnt in closed vessels*
Ende, *n.* **–n,** end, conclusion
Endglied, *n.* **–er,** end member
endigen, to end
endlich, final
Endprodukt', *n.* **–e,** final product
Endsilbe, *f.* final syllable
Energie', *f.* energy
Energie'art, *f.* kind of energy

Energie'faktor, *m.* energy factor
Energie'form, *f.* form of energy
ener'gisch, energetic
eng, narrow, close, small; intimate
engagieren, to engage
England, *n.* England
Engländer, *m.* —, Englishman
englisch, English
enorm', enormous, very great
entbasten, to degum (silk)
entdecken, to discover
Entdecker, *m.* —, discoverer
Entdeckung, *f.* discovery
entfärben, to decolorize, discolor
entfernen, to remove; **sich —,** withdraw, depart
entfernt, remote, distant; **im —esten,** in the least
Entfernung, *f.* distance, removal
Entfuselung, *f.* rectification
entgegen-arbeiten, to work against, counteract
entgegen-führen, to lead to, bring to
Entgegenkommen, *n.* spirit of accommodation
entgegen-setzen, to oppose; **entgegengesetzt,** opposite, contrary, reverse
entgehen (entging, entgangen), to escape, avoid
enthalten (ie, a), to contain
enthüllen, to uncover; reveal, disclose
enthusiastisch, enthusiastic
entkohlen, to decarbonize
Entkohlung, *f.* decarbonization
Entkohlungsprozeß', *m.* decarbonizing process
entlasten, to unburden, free
entledigen, to release; rid
entlegen, remote, distant
entleuchten, to render nonluminous
entmischen, to separate into component parts, disintegrate
Entnahme, *f.* taking (out)
entnehmen (entnahm, entnommen), to take from, draw out
entscheiden (ie, ie), to decide; **—d,** decisive, conclusive
entschieden, resulute, firm, decided
entschlafen (ie, a), to expire
entschließen (o, o), *refl.* to resolve, decide
entsprechen (a, o), to answer, correspond to, conform with *or* to; **—d,** adequate, suitable, according, in accordance with
entspringen (a, u), arise
entstammen, to be derived from, come *or* arise from
entstehen (entstand, entstanden), to originate, arise, result
Entstehung, *f.* origin
Entstehungsweise, *f.* mode *or* manner of origin
Enttäuschung, *f.* disappointment
entweder, either
entweichen (i, i), to escape
Entweichung, *f.* escape
entwickeln, to develop, evolve
Entwickelung, *f.* development, evolution

Entwicklungsfarbstoff, *m.* **–e,** developed dye
entziehen (entzog, entzogen), to withdraw, extract, abstract, remove
Entziehung, *f.* extraction, withdrawing
entzücken, to charm, enrapture
entzuckern, to extract sugar from, deprive of sugar
Entzuckerung, *f.* extraction of sugar
entzünden, to ignite
entzündlich, inflammable
Entzündlichkeit, *f.* inflammability
Entzündung, *f.* ignition
Entzündungstemperatur′, *f.* ignition temperature
Epo′che, *f.* epoch, period
epo′chemachend, epoch-making
erbauen, to build, construct
erblicken, to perceive, discover
Erbmarschall, *m.* marshal (*by lineage*)
erbringen (erbrachte, erbracht), to bring out, produce
Erbschaft, *f.* inheritance
Erbse, *f.* pea
Erdalkalimetall′, *n.* **–e,** alkaline-earth metal
Erdboden, *m.* ground, soil
Erde, *f.* earth; ground; soil
erdenken (erdachte, erdacht), to think out, devise
Erdkörper, *m.* earthly body, earth
Erdmetall′, *m.* **–e,** earth metal
Erdoberfläche, *f.* earth's surface
Erdölgebiet, *n.* **–e,** petroleum field
Erdreich, *n.* soil, ground
Erdrinde, *f.* earth's crust
Ereignis, *n.* **–se,** event
ererben, to inherit
erfahren (u, a), to experience, learn, undergo
Erfahrung, *f.* experience, knowledge, practice
erfahrungsmäßig, experimental; as we know by experience
Erfassung, *f.* grasping, comprehension
erfinden (a, u), to invent, devise
Erfinder, *m.* **—,** inventor
Erfindung, *f.* invention; discovery
Erfolg, *m.* **–e,** result, success
erfolgen, to follow, result, arise, take place
erfolglos, unsuccessful
erfolgreich, successful
erforderlich, requisite, necessary, required
erfordern, to require, demand
erforschen, to investigate, solve
Erforscher, *m.* **—,** investigator, student
Erforschung, *f.* investigation
erfreuen, to delight
erfüllen, to fill, fulfil
Erg, *n.* erg
ergänzen, to complete, supplement
Ergänzung, *f.* completion; supplement
ergattern, to obtain slyly
ergeben (a, e), to give, show;

sich —, result, follow, be shown; **ergeben,** *p.p.* devoted
Ergebnis, *n.* **–se,** result, conclusion
ergießen (o, o), to pour forth, discharge
ergreifen (ergriff, ergriffen), to seize; choose
ergründen, to investigate, fathom
erhalten (erhielt, erhalten), to receive, obtain; support, preserve, keep, maintain
erhältlich, obtainable
Erhaltung, *f.* conservation
erheben (o, o), to raise
erheblich, considerable
erhitzen, to heat
Erhitzung, *f.* heating
erhöhen, to raise, elevate, increase
Erhöhung, *f.* rise, increase, elevation
erinnern, to remind, mention; **sich —,** remember, recall
Erinnerung, *f.* recollection, memory; remembrance; **in — bringen,** to recall, remind
Erinnerungszeichen, *n.* **—,** souvenir
erkalten, to grow cold, cool
erkennen (erkannte, erkannt), recognize, perceive, notice; know
Erkenntnis, *f.* **–se,** knowledge, understanding
Erkennung, *f.* recognition
Erkennungsmittel, *n.* **—,** means of recognition
erklären, to explain, declare
erklärlich, explainable, evident
Erklärung, *f.* explanation; definition; statement
Erklärungsversuch, *m.* **–e,** attempted explanation
erlangen, to reach, attain, obtain
Erlangen, *city in Bavaria; pop. (1910) 25,000; Erlangen University, 1360 students (1913)*
Erlangung, *f.* reaching, attainment
erlassen (ie, a), to enact, pass; publish
erlauben, to permit
erläutern, to explain, illustrate
erleben, to live to see; experience, undergo
erleichtern, to make easy, facilitate
erleiden (erlitt, erlitten), to suffer, undergo; endure, put up with
ermitteln, to ascertain, find out
Ermittlung, *f.* ascertaining, determination
ermöglichen, to make possible
Ermüdungsgefühl, *n.* feeling of fatigue
Ernährung, *f.* nourishment, nutrition, support
ernennen (ernannte, ernannt), to name, appoint, elect
Ernennung, *f.* appointment
erniedrigen, to lower
ernst, earnest, serious
Ernst, *m.* seriousness
ernstlich, earnest, serious
eröffnen, to open, reveal
erörtern, to discuss
erproben, to try, test
erreichbar, within reach, attainable

erreichen, to reach, attain, equal
Erreichung, *f.* reaching, attainment
errichten, to erect, build
erringen (a, u), to obtain (by great effort), achieve
Errungenschaft, *f.* achievement, attainment
Ersatz, *m.* ⸗e, substitute, replacement
erscheinen (ie, ie), to appear; seem
Erscheinung, *f.* appearance, phenomenon, manifestation; individual
Erscheinungsform, *f.* outward form, manifestation
Erschlaffung, *f.* enervation, lassitude
erschließen (erschloß, erschlossen), to open (up)
erschöpfen, to exhaust
erschweren, to render difficult
ersetzen, to replace, displace, supply
ersinnen (a, o), to contrive, devise
Ersparnis, *f.* –se, saving
ersprießlich, useful, profitable
erst, *adj.* first; *adv.* at first, previously, just now, not till, only
erstarren, to congeal, solidify
Erstarrungsrinde, *f.* solidifying crust
erstatten, to return; **Bericht** —, make a report
erstaunen, to astonish, be astonished
erstehen (erstand, erstanden), to rise, arise
erstens, first, in the first place
erster, former
ersticken, to suffocate
erstmals, for the first time
erstreben, to aspire to, pursue; attain
erstrecken (sich), to extend, stretch
erteilen, to grant, give, impart
Ertrag, *m.* ⸗e, yield, produce
ertragen (u, a), bear, endure
Ertragsfähigkeit, *f.* productivity
erwählen, to choose, elect
erwähnen, to mention, refer to
erwärmen, to warm, heat
Erwärmung, *f.* heating, warming
erwarten, to await, expect
Erweckung, *f.* awakening
erweichen, to soften
erweisen (ie, ie), to prove, show
erweitern, to widen, enlarge, extend
Erweiterung, *f.* enlargement, extension
erwerben (a, o), to acquire, earn, gain
Erwerbung, *f.* acquisition, earning
erwidern, to reply
Erz, *n.* –e, ore, metal
erzählen, to relate, tell
erzeugen, to produce, generate
Erzeugnis, *n.* –se, product, production
Erzeugung, *f.* production
erziehen (erzog, erzogen), to educate, train
Erziehung, *f.* education, training

Erziehungsmetho'de, *f.* educational method
erzielen, to aim at, attain, obtain
Erzprobe, *f.* ore test, assay
Esparto, *m.* esparto (grass), Spanish grass
Esse, *f.* chimney
Eßgefäß, *n.* –e, dining utensil
essigsauer, combined with acetic acid, acetic
Essigsäure, *f.* acetic acid ($C_2H_4O_2$)
essigsaures Salz, *n.* –e, salt of acetic acid, acetate
Eßlust, *f.* desire to eat, appetite
Estremadura, *a province of Spain*
Etablissement', *n.* –s, establishment
etwa, about, perhaps, for instance
etwaig, likely, possible, eventual, final
etwas, something, some, anything, somewhat
Etzelberg, *m.* Mt. Etzel, *in the Swiss Alps*
Eudiometer, *m.* —, eudiometer
Euro'pa, *f.* Europe
eventuell', eventual, final
exakt', exact; accurate
Exbummel, *m.* —, jaunt, trip
Existenz', *f.* existence
existieren, to exist
exklusiv', exclusive
exotisch, exotic
Experiment', *n.* –e, experiment
Experimental'untersuchung, *f.* experimental investigation
Experimental'vortrag, *m.* ⸚e, experimental lecture
Experimentator, *m.* –en, experimenter
experimentell', experimental
experimentieren, to experiment
Experimentier'kunst, *f.* art of experimentation
explodieren, to explode
explosibel, explosive
Explosion', *f.* explosion
explosions'artig, explosive
Explosions'dauer, *f.* duration of explosion
explosiv', explosive
Explosiv'stoff, *m.* –e, explosive substance, explosive
Exponent', *m.* –en, exponent, index
Exsikkator, *m.* –en, exsiccator, desiccator
Extrakt', *m.* –e, extract
Extraktiv'stoff, *m.* –e, extractive matter
Exzellenz', *f.* Excellency

F

Fabrik', *f.* factory, mill
Fabrik'abwasser, *n.* — *or* ⸚, waste water *or* sewage from a factory
Fabrik'anlage, *f.* manufacturing plant
Fabrikant', *m.* –en, manufacturer
Fabrikation', *f.* manufacturing, manufacture
Fabrikations'prozeß', *m.* –e, manufacturing process
Fabrik'stadt, *f.* ⸚e, manufacturing city
fach, fold, times

Fachmann, *m.* ⁼er *or* **Fachleute,** expert, scientist
Faden, *m.* ⁼, thread
fähig, able, capable
Fähigkeit, *f.* ability, faculty
Fäkal'stoff, *m.* –e, fecal substance
Faktor, *m.* –en, factor
Fakultät', *f.* faculty
Fall, *m.* ⁼e, case; fall, downfall
fallen (ie, a), to fall, drop; occur; — **lassen,** drop
fällen, to fell, precipitate
falls, in case that, provided
Fällung, *f.* precipitation
falsch, false, wrong, bad
Faltenfilter, *n.* —, plaited filter, folded filter
Fama, *f.* fame, report
Familie, *f.* family
Familiengruft, *f.* family tomb *or* mausoleum
Fami'lienleben, *n.* family life
fangen (i, a), to catch, secure
Farbänderung, *f.* change of color
Farbe, *f.* color, hue
Färbegefäß, *n.* –e, coloring vessel, dye tank
Färbegüter, *n. pl.* dyed goods *or* materials
färben, to color, dye
Farbenbezeichnung, *f.* color designation
Farbenfabrik', *f.* dye factory
Farbenpracht, *f.* splendor of colors
Farbensymphonie', *f.* symphony *or* blend of colors
Farbenton, *m.* ⁼e, color tone, hue
Färber, *m.* —, dyer
Färberausdruck, *m.* dyer's expression *or* phrase
Färberei', *f.* dyeing
Färberei'mechanik, *f.* mechanics of dyeing
färberisch, (in respect to) dyeing
Färbetemperatur', *f.* dyeing temperature
Farbflotte, *f.* dye liquid
Farbgebung, *f.* dyeing
farblos, colorless
Farbstoff, *m.* –e, coloring matter, dye
Farbstoffentwicklung, *f.* dye development
Farbstoffindividuum, *n.* individual *or* particular dye
Farbstoffklasse, *f.* class *or* division of dyes
Farbstoffsalz, *n.* –e, dyestuff salt
Färbung, *f.* coloring, dyeing; color
Farmer, *m.* —, farmer
Faser, *f.* fiber, thread
faserig, fibrous
fassen, to seize, grasp; express
faszinieren, fascinate
fast, almost
fatal', annoying, vexatious
faulen, to rot, putrefy
Fäulnisprodukt', *n.* –e, product of decomposition
Fe, Ferrum (Eisen), iron
Februar, *m.* February
Fechtboden, *m.* ⁼, duelling ground
Feder, *f.* feather; spring
fehlen, to lack, be absent; err
Fehler, *m.* —, mistake, error
feierlich, solemn, imposing

feiern, to honor, fête, celebrate
Feiertag, *m.* **–e,** holiday
fein, fine
Feinboden, *m.* fine-grained *or* loose soil
Feind, *m.* **–e,** enemy
feindlich, hostile
feinfaserig, fine-fibered
feingemahlen, finely ground
feinzerteilt, finely divided
Feld, *n.* **–er,** field
Feldspat, *m.* feldspar
feldspatartig, feldspathic
Felsarten, *f. pl.* rocks
Felsen, *m.* **—,** rock, cliff
Felsgestein, *n.* **–e,** rock, rock formation
Fe-Oxydul′hydrat′, *n.* ferrous hydroxide, $Fe(OH)_2$
Fergusonit′, *n.* fergusonite (*after R. Ferguson, a Scot*); *yields He, Y, etc.*
fern, far, distant
ferner, further, moreover
fernerhin, moreover
Ferrichlorid′, *n.* ferric chloride ($FeCl_3$)
Ferrihydroxyd′, *n.* ferric hydroxide, $Fe(OH)_3$
Ferrisulfat′, *n.* ferric sulphate, $Fe_2(SO_4)_3$
Ferrisulfid′, *n.* ferric sulphide (Fe_2S_2)
Ferrit′, *m.* ferrite, *any one of several mineral compounds which may be regarded as derivatives of ferric hydroxide* $Fe_2O_2(OH)_2$
Ferriverbindung, *f.* ferric compound
Ferrochlorid′, *n.* ferrous chloride ($FeCl_2$)
Ferrooxyd′, *n.* ferrous oxide (FeO)
Ferrosulfid′, *n.* ferrous sulphide (FeS)
Ferroverbindung, *f.* ferrous compound
fertig, ready, finished, done, complete
Fertigstellung, *f.* completion
Fessel, *f.* fetters, chain
fesseln, to fetter, bind
fest, firm, solid, fixed
fest-bannen, to fix, fasten
fest-halten (ie, a), to hold fast, retain
Festigkeit, *f.* solidity, stability
fest-legen, to establish, fix
Festlegung, *f.* establishing, fixing
fest-nageln, to nail fast, establish
fest-stehen (stand, gestanden), to stand firm, be fixed *or* settled
fest-stellen, to establish, determine
Feststellung, *f.* determination, statement, establishment
fett, fat, greasy, rich
Fett, *n.* **–e,** fat, grease
Fettart, *f.* kind of fat
fettglänzend, of greasy luster
Fettkohle, *f.* fat coal (*rich in volatile matter*)
Fettkörper, *m.* **—,** fatty *or* aliphatic compound, fat
fettsauer, sebacic
Fettsäure, *f.* fatty *or* sebacic acid, $C_8H_{16}(CO_2H)_2$
feucht, damp, moist
Feuchtigkeit, *f.* dampness, moisture

Feuer, *n.* —, fire
Feuererscheinung, *f.* manifestation of fire
feuerfest, fireproof
Feuermate'rie, *f.* igneous matter
Feuerstoff, *m.* igneous principle
Feuerung, *f.* firing
Feuerwerkerei, *f.* fireworks
feurig, fiery, hot
ff. (**folgende**), following
Fichtenharz, *n.* pine resin, rosin
Fichtenholzscheit, *n.* –**e,** pinewood log *or* billet
Fig. (**Figur'**), figure
Figur', *f.* figure, shape
Filter, *m.* (*n.*) —, filter
Filtrat', *n.* –**e,** filtrate
Filtration', *f.* filtration
filtrieren, to filter
Filtrier'papier', *n.* –**e,** filter paper
Filzfabrikation', *f.* felt manufacture
finanziell', financial
finden (a, u), to find
Finger, *m.* —, finger
Fingerzeig, *m.* –**e,** hint, suggestion
Firnis, *m.* –**se,** varnish
fix, fixed; **fixe Luft,** fixed air (*old name for* CO_2)
flach, flat, level; shallow
Fläche, *f.* surface, level
Flächenanziehung, *f.* surface attraction
Flächeneinheit, *f.* unit of surface
Flamme, *f.* flame
flammend, fiery, enthusiastic
Flammenkugel, *f.* cone of flame, flame-cone
Flammenreaktion', *f.* flame reaction
Flammofen, Flammenofen, *m.* ⸚, flame *or* reverberating furnace
Flasche, *f.* flask, bottle, jar
Flavanilin', *n.* flavaniline (*a beautiful yellow coloring matter,* $C_6H_{14}N_2ClH$, *produced by heating acetanilide with zinc chloride for several hours at 260°*)
Flavo-, flavo-, yellow (*flavus, Lat., yellow*)
Flavoderivat', *n.* –**e,** flavo derivative (*The flavo-derivates may be generally considered as roseo-cobalt compounds in which two thirds of the acid radical is replaced by nitroxyl.*)
Flavoverbindung, *f.* flavo-compound (*any of the flavo-cobaltic salts*)
Fleisch, *n.* –**e,** flesh, meat
Fleischbrühe, *f.* meat broth
Fleischextrakt', *m.* –**e,** meat extract
Fleischsorte, *f.* sort *or* kind of meat
Fleischteuerung, *f.* dearness *or* scarcity of meat
Fleiß, *m.* industry, diligence
fleißig, industrious, diligent
fließen (o, o), to flow
Floret', *n.* ferret, floss-silk
flsg. (**flüssig**), liquid
flüchten (**sich**), to flee
flüchtig, volatile; hasty, casual
Fluor, *n.* fluorine (Fl *or* F)

orgas, *n.* fluorine gas
orwasserstoff, *m.* hydrofluoric acid (HFl)
Fluß, *m.* ⸗e, river; **in — kommen,** to get into swing, become animated
Flußeisen, *n.* ingot iron, ingot metal
flüssig, liquid, fluid
Flüssigkeit, *f.* liquid
Flüssigkeitsgemisch, *n.* liquid mixture
Flußsäure, *f.* hydrofluoric acid (HF)
Flußspat, *m.* fluorspar, calcic fluoride ($CaFl_2$)
ßstahl, *m.* ingot steel
ßwasser, *n.* river water
ge, *f.* result, succession
en, to follow
gendermaßen, as follows
olgezeit, *f.* future; **in der —,** in after days, afterward
olglich, consequently
ordern, to demand, require; challenge
ördern, to promote, advance, encourage
Forderung, *f.* demand
Förderung, *f.* advancement, furtherance
Form, *f.* form, shape
Formation', *f.* formation
formbar, plastic
Formel, *f.* formula
formen, to form, fashion
förmlich, proper; downright
Formveränderung, *f.* change of form
forschen, to investigate, search
Forschen, *n.* investigation, research
Forscher, *m.* —, investigator, scientist
Forschertrieb, *m.* power of investigation, research ability
Forschung, *f.* investigation, research
Forschungsarbeit, *f.* research work
Forschungsgeist, *m.* spirit of investigation
Forschungsgewohnheit, *f.* habit of investigation
Forschungsinstitut', *n.* school of investigation
fort, away, forth, on; **— und —,** on and on, forever
Fortbestand, *m.* continuance
fortdauernd, lasting, continuous
fort-fahren (u, a), to proceed, continue
fort-führen, to continue, carry on
fort-gehen (ging, gegangen), to go away, pass off
fortlaufend, continuous, uninterrupted
fort-reißen (i, i), to carry away
fort-schreiten (schritt, geschritten), to progress, advance
Fortschritt, *m.* –e, advance, progress
fort-setzen, to continue
fortwährend, continually, constantly
fossil', fossil, petrified
Frage, *f.* question; affair
fragen, to ask; inquire
Fraktion', *f.* fraction, part
fraktionieren, to fractionate

Frankfurt a. M., Frankfort-on-the-Main, *city in the southwestern part of Prussia; pop. (1910) 414,000*
Frankreich, *n.* France
Franzose, *m.* **–n,** Frenchman
französisch, French
Frau, *f.* wife, woman; Mrs.
frei, free; open, vacant; spare
freibrennend, free-burning
Freiheit, *f.* freedom
Freiherrnstand, *m.* baronial class *or* rank
freilich, of course, indeed
freimütig, frank, candid
freischwebend, free-swinging, suspended
freiwerdend, set free, nascent
fremd, strange, foreign, outside
Freude, *f.* joy, hilarity
freuen (sich), to be glad, pleased, happy; rejoice
Freund, *m.* **–e,** friend
freundlich, friendly, pleasant, courteous
Friedhof, *m.* **⁼e,** cemetery
frieren (o, o), to freeze
frisch, fresh, cool
Frischblei, *n.* refined lead
Frischprozeß′, *m.* refining process
Frischstahl, *m.* refinery steel, natural steel
fröhlich, joyful, happy
Front, *f.* front, front ranks
Frucht, *f.* **⁼e,** fruit, result
fruchtbar, fruitful, fertile
Fruchtbarkeit, *f.* fruitfulness, fertility
Fruchtfolge, *f.* rotation of crops
Fruchtzucker, *m.* fruit sugar
früh, early; soon
früher, earlier, former
Frühschoppen, *m.* morning drink
frühzeitig, early
Fuchs, *m.* **⁼e,** fox; student in first semester, freshman
fügen, to join, fit, unite, adapt
fühlen, to feel
führen, to lead, conduct, bear, carry, carry on
Fülle, *f.* fullness, abundance
füllen, to fill
Füllmasse, *f.* massecuite, *a dense mass of sugar crystals mixed with mother liquor, obtained by evaporating the juice of sugar cane*
Füllstoff, *m.* **–e,** filling material, filler
Füllung, *f.* filling
Fulminat′, *n.* **–e,** fulminate
fundamental′, fundamental
Fundamental′satz, *m.* **⁼e,** basic principle
fünfwertig, pentavalent
funkeln, to sparkle, glitter
Funken, *m.* **—,** spark
funkensprühend, spark-emitting
funktionieren, to act, work
für, for
furchtbar, fearful, horrible
fürchten, to fear
Fürst, *m.* **–en,** prince
Fuß, *m.* **⁼e,** foot
Futter, *n.* **—,** food, fodder; lining, coating
Futtermittel, *n.* **—,** fodder, feed

G

g (Gramm), gram
Gabe, *f.* gift; talent

Gadolinit′, *n.* gadolinite (*after J. Gadolin, a Finnish chemist*); *contains Fe, Y, Ce, Be, Er, etc.*
galvanisch, galvanic
Gang, *m.* ⸗e, path, aisle; **im —e sein,** to be in circulation
ganz, whole, entire; *adv.* quite, rather; **im —en,** all in all, altogether
gänzlich, entire, complete
gar, fully, quite, even, very; **— nicht,** not at all
Garbe, *f.* pile of steel; sheet of flame
Garn, *n.* –e, yarn, thread
Garnbündel, *n.* —, bundle of yarn
Garnfärberei′, *f.* yarn dyeing
Garnhandlung, *f.* yarn establishment
Garten, *m.* ⸗, garden
Gärung, *f.* fermentation
Gas, *n.* –e, gas
Gasanaly′se, *f.* gas analysis
gasanalytisch, gas-analytical
Gasbeleuchtung, *f.* illumination with gas
Gasbläschen, *n.* —, small gas bubble
gasf. (**gasförmig**), gaseous
Gasflamme, *f.* gas flame
gasförmig, gaseous
Gasgesetz, *n.* –e, gas law
Gasgestalt, *f.* gaseous state
Gasgewicht, *n.* –e, gas weight
Gasglühlicht, *n.* –er, incandescent gas light
Gaslicht, *n.* –er, gas light
Gasmasse, *f.* gas mass
Gasmenge, *f.* quantity of gas
Gasmischung, *f.* gas mixture
Gasofen, *m.* ⸗, gas stove *or* furnace
Gasquelle, *f.* gas well
Gasse, *f.* street, alley
Gast, *m.* ⸗e, guest, visitor
Gasverbrauch, *m.* gas consumption
Gasverlust, *m.* –e, loss of gas
Gasvolumen, *n.* — *or* –**volumina,** volume of gas
Gattin, *f.* wife
Gattung, *f.* kind, species
geb. (**geboren**), born
gebären (a, o), to bear
Gebäude, *n.* —, building
Gebäudekomplex′, *m.* group of buildings
Gebeine, *pl.* mortal remains
geben (a, e), to give, grant; **es gibt,** there is, there are
Gebiet, *n.* –e, domain, sphere, line, territory, field
Gebilde, *n.* —, product, formation, creation
gebildet, civilized, enlightened
Gebläse, *n.* —, blast; bellows, blower
Gebläselampe, *f.* blast lamp
geboren, born; *see* **gebären**
Gebot, *n.* –e, command; **zu —e stehen,** to be at one's disposal
Gebr. (**Gebrüder**), *pl.* the brothers
Gebrauch, *m.* ⸗e, use, employment; custom
gebrauchen, to use
Gebrauchsmetall′, *n.* –e, useful metal
Gebrechlichkeit, *f.* feebleness, infirmity
gebühren, to be due to, belong to

Geburt, *f.* birth
Geburtstag, *m.* –**e,** birthday
Geburtstagsdecke, *f.* birthday blanket *or* wrapper
Gedanke, *m.* –**n,** thought, idea
gedeihen (ie, ie), to prosper, thrive
Gedeihen, *n.* prosperity, growth
gedeihlich, successful
gedenken (gedachte, gedacht), to think of, intend
gediegen, native; pure, genuine, sound
geeignet, suitable, proper, calculated, sufficient
Gefahr, *f.* danger
gefahrdrohend, menacing
gefährlich, dangerous
Gefährlichkeit, *f.* danger(ousness)
gefahrlos, without danger, safely
gefallen (gefiel, gefallen), to please
Gefäß, *n.* –**e,** receptacle, vessel
gefrieren (o, o), to freeze
Gefriermaschine, *f.* freezing apparatus
Gefrierpunkt, *m.* –**e,** freezing point
Gefüge, *n.* structure, texture
Gefühl, *n.* –**e,** feeling
gegen, against, toward, to, for, in comparison with
Gegend, *f.* country, region, neighborhood, surroundings
gegeneinander, against (to, opposite) one another *or* each other
Gegengift, *n.* –**e,** antidote
Gegenmittel, *n.* —, antidote
Gegensatz, *m.* ⸚**e,** contrast, antithesis, opposition
gegenseitig, mutual, reciprocal
Gegenstand, *m.* ⸚**e,** object, subject; affair
Gegenströmung, *f.* countercurrent
Gegenstück, *n.* counterpart
Gegenteil, *n.* –**e,** contrary, reverse; **im —,** on the contrary
gegenüber, opposite, over against; in front of, in comparison with, towards
gegenüber-stehen (stand, gestanden), to stand opposite *or* opposed to
Gegenwart, *f.* presence
gegenwärtig, present; *adv.* at present
Gehalt, *m.* –**e,** contents, amount, content; standard, value; salary, stipend
gehaltreich, rich in ingredients
Geheimnis, *n.* –**se,** secret, mystery
geheimnisvoll, mysterious
Geheimrat, *m.* Honorable (*as title*); **Wirklicher —,** Right Honorable
gehen (ging, gegangen), to go, walk; **aus dem Wege —,** avoid; **verloren —,** become lost; **vor sich —,** continue, proceed; **von statten —,** advance, progress
gehorchen, to obey
gehören, to belong to, be counted among; require, be required
gehörig, belonging to, pertaining to, proper

Geist, *m.* –er, spirit, mind, intellect
Geistesgröße, *f.* mental power, mentality
geistig, mĕntal, intellectual
geistreich, ingenious
gelangen, to reach, attain, get, arrive at a place
geläufig, fluent; familiar
gelb, yellow
Gelbbleierz, *n.* yellow lead ore, wulfenite
gelbbraun, yellowish brown
Gelbholz, *n.* yellow-wood
gelblich, yellowish
Gelegenheit, *f.* opportunity; occasion
gelegentlich, occasional; along with, incidental (to); *adv.* when there is an opportunity
gelehrt, learned, scholarly
Gelehrte(r), *m.* scholar, scientist, savant
Gelehrtendasein, *n.* scholar's life
gelind(e), soft, mild, slight
gelingen (a, u), to succeed
gelten (a, o), to hold good, serve, be considered, have value; be a question of; **sich —d machen,** assert oneself, make one's influence felt; **etwas — lassen,** approve of, agree with
Geltung, *f.* value, importance; **zur — kommen,** to gain authority, be influential
gemächlich, leisurely
Gemahlin, *f.* wife
Gemälde, *n.* —, painting
gemäß, according to
gemäßigt, moderate, temperate
gemein, common; low, vulgar
gemeinnützig, generally useful, of general benefit
gemeinsam, common, joint
Gemeinschaft, *f.* connection; **in — mit,** jointly *or* together with
gemeinschaftlich, common, joint
Gemeinwohl, *n.* public weal, good of the public
Gemenge, *n.* —, mixture
Gemisch, *n.* –e, mixture
Gemüse, *n.* vegetables
Gemüt, *n.* –er, soul, heart, mind
genau, exact, accurate, careful
Genauigkeit, *f.* exactness, accuracy
Generation′, *f.* generation
Generatorgas, *n.* –e, generator gas
genetisch, genetic
Genf, Geneva, *on Lake Lucerne, Switzerland; pop.* (*1910*) *26,000*
genial′, gifted, genial
genießen (o, o), to enjoy
genug, enough, sufficient
genügen, to suffice, satisfy; **—d,** sufficient, satisfactory
Genuß, *m.* ⁼e, enjoyment, treat
Genußmittel, *n.* —, condiment, appetizer
geognostisch, geognostic
geographisch, geographic
Geologie′, *f.* geology
geologisch, geological
Gepflogenheit, *f.* custom, habit
gerade, *adj.* straight, exact, direct; *adv.* exactly, just, right

geradezu, positively, downright
geraten (ie, a), to fall, get, come
Gerätschaft, *f.* utensil, apparatus
geraum, ample, long
geräumig, spacious, roomy
Geräumigkeit, *f.* spaciousness, vastness
Geräusch, *n.* **–e,** noise
Gerbsäure, *f.* tannic acid ($C_{14}H_{10}O_9$)
gerecht, just, fair, right; **etwas — werden,** to do justice to, give credit to
gering, small, slight, little
Gerinnsel, *n.* coagulum, curd
gern, gladly, with pleasure, readily, freely
Geruch, *m.* **⸚e,** smell, odor
geruchlos, odorless
gesalzen, salt, salted
gesamt, entire, total, all
Gesamtchloralkalien, *n. pl.* total chloro-alkalis
Gesamtformel, *f.* total *or* general formula
Gesamtmenge, *f.* total amount
Gesamtsumme, *f.* total sum
Gesamtvolu′men, *n.* **–volumina,** total volume
Geschäft, *n.* **–e,** business, commercial firm
Geschäftsmann, *m.* **–leute,** business man
geschehen (a, e), to happen, occur, take place, be done
Geschenk, *n.* **–e,** present, gift; **etwas zum — machen,** to present
Geschichte, *f.* story, history
geschichtlich, historical
geschickt, skilled, expert
Geschmack, *m.* **⸚e,** taste
geschmacklos, tasteless
Geschmacksprüfung, *f.* testing of the taste
Geschwätz, *n.* idle talk, gossip
gesellen (sich), to join; be added
Geselligkeit, *f.* sociality, sociability
Gesellschaft, *f.* society, company; **gelehrte —,** a learned *or* literary society
Gesetz, *n.* **–e,** law
gesetzgeberisch, legislative
gesetzmäßig, conformable to law, regular
Gesichtspunkt, *m.* **–e,** point of view
gesinnt, disposed, minded; **feindlich —,** hostile
gesotten; *see* **sieden**
gespannt, nervous
Gespinstfaser, *f.* textile fiber
gest. (**gestorben**); *see* **sterben**
Gestalt, *f.* form, shape, figure
gestalten, to form, fashion, model
gestatten, to allow, permit, provide
Gestein, *n.* **–e,** rock, stone
Gesteinsart, *f.* kind of mineral, mineral
gestern, yesterday
gesund, healthy, wholesome; rational
Gesundheit, *f.* health, vigor
Gesundheitsamt, *n.* board of health
gesundheitsschädlich, injurious to health

Getrampel, *n.* trampling
Getränk, *n.* **-e,** beverage, liquor
gewähren, to grant, furnish, give
Gewalt, *f.* power, authority
gewaltig, powerful, mighty; vast, immense; **ins —e,** immensely
Gewand, *n.* **⸚er,** garment, attire
Gewebe, *n.* **—,** tissue, fabric
Gewebefaser, *f.* woven fiber
Gewerbe, *n.* **—,** industry, trade
Gewerbeschule, *f.* industrial school
gewerblich, industrial
Gewicht, *n.* **-e,** weight, importance; **ins — fallen,** to be of importance
Gewichtsabnahme, *f.* loss of weight
Gewichtsdifferenz′, *f.* difference in weight
Gewichtseinheit, *f.* unit of weight
Gewichtsgröße, *f.* weight quantity *or* magnitude
Gewichtskonstanz′, *f.* constancy of weight
Gewichtsmenge, *f.* quantity by weight
Gewichtsteil, *m.* **-e,** part by weight
Gewichtsveränderung, *f.* change in weight
Gewichtsverhältnis, *n.* **-se,** proportion by weight
Gewichtsverlust, *m.* **-e,** loss of weight
Gewinn, *m.* **-e,** gain, benefit
gewinnen (a, o), to win, obtain, gain
Gewinnung, *f.* winning, return, profit, surplus; production
gewiß, certain
gewissenhaft, conscientious
Gewitter, *n.* **—,** thunder storm
gewöhnen, to accustom
gewöhnlich, usual, ordinary
Gewürz, *n.* **-e,** spice
gierig, greedy; energetic
gießen (o, o), to pour, cast, found
Gießen, Giessen, *town in southwestern Prussia; pop.* (*1910*) *32,000; Giessen University, 1535 students* (*1912*)
Gift, *n.* **-e,** poison, venom
giftig, poisonous
Giftigkeit, *f.* poisonousness, virulence
Gips, *m.* gypsum ($CaSO_4 + 2H_2O$)
Glanz, *m.* brightness, brilliancy, luster
glänzend, brilliant, shining
Glas, *n.* **⸚er,** glass
Glasbirne, *f.* glass bulb
Glasflasche, *f.* glass bottle
Glasgefäß, *n.* **-e,** glass receptacle
Glasglocke, *f.* glass bell, bell jar
glasieren, to glaze
Glaskolben, *m.* **—,** glass flask
Glaspulver, *n.* powdered glass
Glasrohr, *n.* **-e,** glass tube
Glasröhre, *f.* glass tube
Glasschale, *f.* glass dish
Glasstöpsel, *m.* **—,** glass stopper
Glastrichter, *m.* **—,** glass funnel
glatt, smooth, polished
Glaube(n), *m.* belief, faith
glauben, to believe, think

Glaubersalz, *n.* –e, Glauber's salt, sodium sulphate ($Na_2SO_4 + 10H_2O$)
Glauchau, *city in Saxony; pop.* (*1910*) *26,000*
gleich, like, equal, same; *adv.* immediately; — **kommen,** to equal
gleichartig, homogeneous, of the same kind
gleichbedeutend, equivalent, synonymous
gleichbleibend, constant, unvarying
gleichfalls, likewise
gleichförmig, uniform, symmetrical
Gleichgewicht, *n.* equilibrium
gleichgültig, indifferent, of no account
gleichmäßig, even, uniform
Gleichmäßigkeit, *f.* homogeneity, uniformity
gleichsam, so to speak
Gleichung, *f.* equation
gleichwertig, equivalent
gleichwohl, yet, nevertheless
gleichzeitig, at the same time, simultaneous
Gletscher, *m.* —, glacier
Gletscherschmelzwasser, *n.* glacier water
Glied, *n.* –er, limb, member
Glimmer, *m.* mica
Glimmerschiefer, *m.* mica slate
Glocke, *f.* bell, bell jar
Glück, *n.* fortune, success, happiness
glücken, to be lucky, succeed
glücklich, fortunate, happy
glücklicherweise, fortunately
glühen, to glow; cause to glow, heat intensely
Glühhitze, *f.* glowing heat
Glühlampe, *f.* incandescent lamp
Glühlicht, *n.* –er, incandescent light
Glührückstand, *m.* residue on ignition
Glühverlust, *m.* loss on ignition
Glyzerin′, *n.* glycerine ($C_3H_8O_3$)
Gneis, Gneiß, *m.* gneiss
Gold, *n.* gold (Au)
golden, golden
goldgelb, golden-yellow
Gotenburg, *second largest city in Sweden; pop.* (*1910*) *174,000*
Gott, *m.* God
Göttingen, Göttingen, *city in western Prussia; pop.* (*1910*) *38,000; Göttingen University, 2964 students* (*1912*)
Grabdenkmal, *n.* ⸚er, monument
graben (u, a), to dig
Grad, *m.* –e, degree, grade; measure
Grafschaft, *f.* earldom, county
Gramm, *n.* –e, gram
Grammkalorie′, *f.* gram calorie
Gramm-Molekel, *f.* gram molecule, mole
Grammolekül, *n.* –e, gram molecule, mole
Granit′, *m.* granite.
Graphit′, *m.* graphite
Graphit′blättchen, *n.* —, graphite lamina

graphitisch, graphitic
gratulieren (zu), to congratulate (you) upon
grau, gray
graugelb, grayish yellow
Graupe, *f.* hulled *or* peeled barley
grauschwarz, grayish black
greifen (griff, gegriffen), to grip, grasp, catch
Grenze, *f.* limit, boundary
Grenzwert, *m.* **–e,** limiting value
Grieche, *m.* **–n,** Greek
griechisch, Greek, Grecian
grob, coarse, heavy, rough, gross
grobstückig, coarse, lumpy
Grönland, *n.* Greenland
groß, large, great, eminent; **im —en,** on a large scale; **im —en und ganzen,** taken all in all, generally speaking
großartig, grand, sublime, wonderful; immense
großblätterig, large-leaved, coarsely laminated
Großbritannien, *n.* Great Britain
Größe, *f.* size, magnitude, greatness
großenteils, to a large extent
Großindustrie′, *f.* wholesale industry
Groß-Lichterfelde, *a suburb of Berlin; pop.* (*1910*) *30,000*
größtenteils, for the most part
grün, green
Grün, *n.* green
Grund, *m.* **⸗e,** ground, bottom, basis, foundation; reason; **— und Boden,** real estate; **zu —e legen,** to take as a basis; **einer Sache zu —e liegen,** to lie at the bottom of, be the foundation of a thing
Grundbegriff, *m.* **–e,** fundamental idea
Grundbesitz, *m.* real estate
gründen, to found, create, establish
Grunderde, *f.* basic earth *or* substance
Grundgesetz, *n.* **–e,** fundamental law
Grundidee′, *f.* fundamental idea
Grundlage, *f.* basis, foundation
grundlegend, fundamental
gründlich, thorough
Gründlichkeit, *f.* thoroughness, profoundness
Grundpfeiler, *m.* **—,** pillar
Grundriß, *m.* **–e,** outline, rudiments
Grundsatz, *m.* **⸗e,** truth, axiom, basic principle
Grundstock, *m.* ground floor, basis
Grundstoff, *m.* **–e,** element, radical, basic material
Gründung, *f.* founding, establishment, organization
Grundwasser, *n.* underground water
Grundwasserstand, *m.* (level of the) underground water
grünlich, greenish; **—gelb,** greenish yellow
Grünsirup, *m.* green syrup
Gruppe, *f.* group
Guanolager, *n.* **—,** guano deposit

gültig, valid, good, current; available, applicable
Gültigkeit, *f.* validity
günstig, favorable, proper
Gußeisen, *n.* cast iron
Gußpfanne, *f.* ladle
Gußstahl, *m.* cast steel
Gußwaren, *f. pl.* castings, foundry goods
gut, good; well
Güte, *f.* goodness, quality

H

H, Hydrogenium (Wasserstoff), hydrogen
Haar, *n.* **–e,** hair
haben (hatte, gehabt), to have
halb, half
halbaufgeraucht, half-smoked
halbgefüllt, half-filled
Halbwollschwarz, *n.* half-wool black (dye)
Hälfte, *f.* half
Halle, *city in south-central Prussia; pop. (1910) 181,-000; the University of Halle, 2920 students (1913)*
Halogen′, *n.* **—e,** halogen
Halogen′gruppe, *f.* halogen group
haltbar, strong, durable; tenable
halten (ie, a), to hold; maintain, keep; consider
Hammelfleisch, *n.* mutton
Hammer, *m.* **¨,** hammer
hämmerbar, malleable
hämmern, to hammer
Hammerschlag, *m.* hammer-scale, iron-dross
Hämoglobin′, *n.* hemoglobin (*normal coloring matter of red blood corpuscles of vertebrate animals*)
Hand, *f.* **¨e,** hand
Handarbeit, *f.* hand work, manual labor
Handbuch, *n.* **¨er,** handbook, manual; compendium
Handel, *m.* commerce, trade
handeln, to act, treat, deal; **sich um etwas —,** be a question of
Handelsbedingung, *f.* business stipulation *or* agreement
Handelsbeziehung, *f.* commercial relation
Handelsmaterial′, *n.* **–ien,** commercial material
Handgelenk, *n.* **–e,** wrist
handhaben, to handle, manipulate
Handhabung, *f.* handling
Handsieb, *n.* **–e,** hand sieve
Handwerkskunst, *f.* mechanical art, craftsmanship
Handwörterbuch, *n.* medium-sized dictionary
Hanf, *m.* hemp
hangen (i, a), to be suspended, hang
hängen, to suspend, hang, attach, fasten to
hantieren, to handle, manage
harmlos, harmless, innocent
Harmonie′, *f.* harmony
harmonieren, to harmonize
harmonisch, harmonious
Harn, m. urine
Harnsäure, *f.* uric acid ($C_5N_4H_4O_3$)
Harnstoff, *m.* urea (CH_4N_2O)
hart, hard; *adv.* closely

härtbar, capable of being tempered
Hartblei, *n.* hard lead
Härte, *f.* hardness, temper
Härtegrad, *m.* **–e,** degree of hardness, temper
härten, to harden, temper
Härteskala, *f.* scale of hardness
Harz, *n.* rosin
Harzkernseife, *f.* rosin soap
Haß, *m.* hate, hatred
häufig, frequent
Haupt, *n.* **⸚er,** head, chief
Hauptart, *f.* chief kind
Hauptaufgabe, *f.* chief problem *or* task
Hauptbeschäftigung, *f.* chief occupation
Hauptbestandteil, *m.* **–e,** chief constituent
Hauptergebnis, *n.* **–se,** chief result
Hauptfehler, *m.* **—,** chief error *or* fault
Hauptgruppe, *f.* main group
Hauptinteresse, *n.* chief interest
Hauptklasse, *f.* principal class
Hauptmasse, *f.* main body, bulk
Hauptmaterial', *n.* **–ien,** principal material
Hauptorgan', *n.* **–e,** principal *or* leading organ
Hauptpunkt, *m.* **–e,** main point
Hauptsache, *f.* main point, chief thing; **in der —,** in the main; **zur —,** chiefly, mainly; **der — nach,** principally
hauptsächlich, chief, principal, main
Hauptstadt, *f.* capital, metropolis
Haupttätigkeit, *f.* chief activity
Haupttür, *f.* main door *or* entrance
Hauptveröffentlichung, *f.* principal publication *or* article
Hauptwerk, *n.* **–e,** chief *or* most important work
Hauptwort, *n.* **⸚er,** noun
Hauptziel, *n.* chief aim, main goal
Haus, *n.* **⸚er,** house, home
Hausanmalen, *n.* house painting
Häutchen, *n.* **—,** membrane
heben (o, o), to lift, raise; **sich —,** to rise, revive
Hebung, *f.* lifting, raising
Hecht, *m.* **–e,** pike (*a fish*)
Heer, *n.* **–e,** army, multitude
Hefnerkerze, *f.* Hefner candle power (1$^1/_9$ *normal candle power*)
Heft, *n.* **–e,** book, (small) volume
heftig, violent, fierce
Heidelberg, *city in Baden; pop. (1910) 56,000; University of Heidelberg, 2264 students (1912)*
Heil, *n.* welfare
Heilkunde, *f.* medicine, therapeutics
Heilmittel, *n.* **—,** remedy, drug
heimtückisch, spiteful
heiß, hot
heißen (ie, ei), to be called, mean, bid, name, be reported
Heißlufttrockenventilator' *m.* **–en,** hot air drying ventilator *or* fan
heizen, to heat
Heizgas, *n.* **–e,** gas for heating

Heizkraft, *f.* heating power
Heizung, *f.* heating
Heizwert, *m.* heating *or* calorific value
Heldenmut, *m.* courage, heroism
helfen (a, o), to help, aid
Helium, *n.* helium (He)
hell, bright, light, pale
Helligkeit, *f.* brightness, luminosity
hellrot, bright red
Hellrotglut, *f.* bright red glow *or* heat
hemiё'drisch, hemihedral
her, here, hither; ago, long ago
herab, down, downwards
herab-setzen, to lower, reduce
herab-steigen (ie, ie), to descend
herab-strömen, to stream down
heran-bilden, to train, educate
heran-wagen (sich), to venture to approach
heran-ziehen (zog, gezogen), to summon, compel to serve; attract
Heranziehung, *f.* approach(ing), bringing together
herauf-beschwören, to conjure up, evoke
heraus, out here, out
heraus-bringen (brachte, gebracht), to bring out, make out
heraus-fordern, to challenge, provoke
Herausgabe, *f.* editing, publishing
heraus-geben (a, e), to publish, issue
heraus-pressen, to press out
herbei-führen, to bring about, cause
Herbst, *m.* **-e,** autumn
Herd, *m.* **-e,** hearth, furnace
Herdfutter, *n.* **—,** furnace lining
Herdsohle, *f.* hearth bed
Hering, *m.* **-e,** herring
Herr, *m.* **-en,** master, chief; Sir, Mr.
Herrschaft, *f.* control, mastery
herrschen, to rule, prevail
her-rühren, to arise, originate
her-stellen, to make, prepare, build, produce, manufacture
Herstellung, *f.* production, construction, manufacture, preparation
herunter, down, low
hervor-bringen (brachte, gebracht), to produce, cause
hervor-gehen (ging, gegangen), to go forth; arise, issue, follow
hervor-heben (o, o), to raise, emphasize, bring up, mention
hervor-ragen, to be prominent, stand forth; **—d,** prominent, conspicuous, excellent, distinguished
hervor-rufen (ie, u), to call forth, cause, produce
hervorspringend, prominent, prime
hervor-treten (a, e), to step forth, arise, stand out, become evident
Herz, *n.* **-en,** heart; **von —en,** heartily, truly
herzlich, heartily, sincerely
heute, to-day

heutig, to-day's, present; **—en Tages,** in these days, at the present time
heutzutage, nowadays, at the present time
hexagonal', hexagonal
Hg, Hydrargyrum (Quecksilber), mercury
hie, hier, here
hierauf, hereupon, upon this
hieraus, from this, hence
hierbei, herewith, in this, in this case
hierdurch, through this, thereby
hierfür, for it, for this
hierher, hither, here
hierin, herein, in this
hiermit, herewith, with it
hiernach, according to this, accordingly
hierüber, about this
hiervon, hereof, herefrom, from this
hierzu, hereto, moreover, for this
Hilfe, *f.* help, aid
hilflos, helpless
Hilfsmittel, *n.* —, aid, agency, contrivance, means, remedy
Hilfswissenschaft, *f.* auxiliary science
Himmelskörper, *m.* —, celestial body
hin, thither, away, toward; **— und her,** to and fro, back and forth
hinab, down, downward
hinab-führen, to carry down
hinaus-kommen (kam, gekommen), to get out of, go beyond
hinaus-laufen (ie, au), to result, end; **darauf —,** amount to this, mean
Hinblick, *m.* glance, consideration; **im — auf,** with a view to
hindern, to hinder, prevent, obstruct
Hindernis, *n.* **-se,** hindrance, obstacle
hindurch, through, throughout
hindurch-führen, to lead through; run through
hindurch-leiten, to lead through
hinein-ätzen, to etch into
hinein-bringen (brachte, gebracht), to bring into, put into
hinein-fallen (fiel, gefallen), to fall into
hinein-gelangen, get in, enter
hinein-kommen (kam, gekommen), to come in, enter
hinein-schwemmen, to wash in, deposit
hinein-sehen (a, e), to look in
hinein-tauchen, to plunge *or* dip into, immerse in
hinein-wagen (sich), to venture (to go) in
Hinfälligkeit, *f.* frailty, weakness
hinfort, henceforth, from that time on
Hingabe, *f.* devotion
hingegen, on the contrary
hin-gehen (ging, gegangen), to pass, elapse
hin-reichen, to suffice; **—d,** sufficient
hin-richten, to execute
Hinsicht, *f.* regard, respect

hinter, behind
hinter-bleiben (ie, ie), to remain behind
Hintergrund, *m.* background
hinterlassen (ie, a), to leave behind, leave
hinweg-helfen (a, o), to help out
Hinweis, *m.* **–e,** hint, reference
hinzu-fügen, to add, append
hinzu-kommen (kam, gekommen), to join, be added to
hinzu-setzen, to add (to)
Hirn, *n.* **–e,** brain
Hirse, *f.* millet
Hitze, *f.* heat
HK (**Hefnerkerze**), Hefner candle (1/9 *normal candle power*)
hoch, high
hochausgebildet, highly educated, well trained
hochbegabt, highly gifted
hochgelehrt, highly learned, very scholarly
hochgeschickt, highly skilled
Hochofen, *m.* **¨,** blast-furnace
Hochofenprozeß′, *m.* **–e,** blast-furnace process
Hochschule, *f.* university
höchstens, at most
Hof, *m.* **¨e,** court
hoffen, to hope
hoffentlich, it is to be hoped
hoffnungsvoll, hopeful
höflich, courteous, polite
Höhe, *f.* height, altitude, pitch; **in die —,** up, upward
Hohlprisma, *n.*, *pl.* **–prismen,** hollow prism
Hohlraum, *m.* **¨e,** hollow *or* empty space
holen, to fetch, get, draw
Holland, *n.* Holland
Holländer, *m.* **—,** Hollander; hollander, pulping cylinder
holländisch, Dutch
Holz, *n.* **¨er,** wood
Holzfaß, *n.* **¨er,** wooden tub *or* vat
Holzkohle, *f.* charcoal
Holzmasse, *f.* wood pulp
Holzschliff, *m.* coarse wood pulp
Holzstab, *m.* **¨e,** wooden rod
Holzstoff, *m.* **–e,** wood (substance)
Holzstruktur′, *f.* wood structure
Holzsubstanz′, *f.* wood substance
Holzversorgung, *f.* wood supply, stock of wood
homogen′, homogeneous
Honig, *m.* honey
hören, to hear; **bei einem Professor —,** attend a professor's lectures
Horn, *n.* **¨er,** horn
hornhart, hard as horn
Hornspäne, *m. pl.* horn shavings
Hörsaal, *m.* **–säle,** lecture hall
Hose, *f.* (*generally pl.*), trousers
Hühnerfleisch, *n.* fowl
Huldigung, *f.* homage
Hülle, *f.* sheath, cover
Hülsenfrucht, *f.* **¨e,** legume
Humin′substanz′, *f.* humus *or* vegetable substance
humor′voll, humorous
Humus, *m.* humus, mold, vegetable matter

Humusgehalt, *m.* amount of humus, humus content
hundert, hundred
hundertst, hundredth
hüttenmännisch, metallurgical
hüttentechnisch, metallurgical
Hüttenwesen, *n.* smelting
hydraulisch, hydraulic
Hydrazin′, *n.* hydrazine (N_2H_4), *a colorless gas with a peculiar, irritating odor*
Hydrokarbonat′, *n.* **–e,** hydrocarbonate
hygienisch, hygienic
hygroskopisch, hygroscopic
Hypothe′se, *f.* hypothesis
hypothetisch, hypothetical

I

Iatrochemiker, *m.* **—,** iatrochemist (*belonging to the iatrochemical school; one who applies chemistry to medical practice*)
iatrochemisch, iatrochemical, medicinal (*relating to the chemical theory of medicine and physiology adopted by Paracelsus, which held that the chief aim of chemistry was the preparation of therapeutic agents*)
ideal′, ideal
Ideal′, *m.* **–e,** ideal, model
Idee′, *f.* idea, conception
identisch, identical
Idria (in Krain); Idria, *city in Carniola, a province of Austria; pop.* (*1910*) *7,000*
ihr, ihre, ihr, her, their, its
ihrerseits, in their *or* its turn
Illustration′, *f.* illustration
Immedial′farbstoff, *m.* **–e,** immedial dye, direct dye (*requiring no mordant*)
immer, always, ever
immerhin, still, nevertheless
imponieren, to impress deeply
Impuls′, *m.* **–e,** impulse
imstande (sein), to be able
in, in, into
inaktiv′, inactive, neutral
Inbegriff, *m.* **–e,** sum, aggregate, epitome
Indanthrenfarbstoff, *m.* **–e,** indanthrene dye, *a vat dye of the indanthrene* ($C_{28}H_{14}O_4N_2$) *series*
indem, while, as, by, in that
indessen, indes, meanwhile, however
Index, *m.* **–e,** index
Indien, *n.* India
indifferent′, indifferent, neutral
Indigo, *m.* indigo
indigoblau, indigo-blue, indigotin ($C_{16}H_{10}N_2O_2$)
Indigofärberei′, *f.* indigo dyeing
Indigofärbung, *f.* indigo dyeing
Indigomarkt, *m.* indigo market
Indigopflanze, *f.* indigo plant
Indigopflanzung, *f.* indigo plantation
Indigweiß, *n.* indigo white
Indigweißlösung, *f.* indigo-white solution
Individuum, *n., pl.* **Individuen,** individual, entity
Induktion′, *f.* induction
induktiv′, inductive
Industrie′, *f.* industry, trade, manufactures

Industrie'betrieb, *m.* –**e,** industrial operation
Industrie'entwicklung, *f.* industrial development
Industrie'fortschritt, *m.* –**e,** industrial progress
Industrie'land, *n.* ⸗**er,** industrial country
industriell', industrial
Industrie'zweig, *m.* –**e,** branch of industry
ineinander, in (into) one another, each other
infolge, in consequence of
infolgedessen, consequently
Information', *f.* information
Ingenieur', *m.* –**e,** engineer
Ingwer, *m.* ginger
Inhalt, *m.* –**e,** contents, volume, capacity; substance, matter; purport
Initia'le, *f.* initial
Inland, *n.* home country
inne-haben (hatte, gehabt), to hold, occupy
innen, within, in, on the inside
Innenwand, *f.* ⸗**e,** inner wall
inner, inner, inside
Innere, *n.* –**n,** interior
innerhalb, inside of, within
innerlich, inner, inward
inne-wohnen, to be inherent in
innewohnend, inherent
innig, intimate, close
insbesondere, in particular, especially
Insel, *f.* island
insofern, in so far (as)
installieren, to install
Instandhaltung, *f.* keeping in order
Institut', *n.* –**e,** institute, institution, school
Instrument', *n.* –**e,** instrument
intelligent', intelligent, intellectual
Intensität', *f.* intensity
intensiv', intensive; exceedingly
interessant', interesting
Interesse, *n.* –**n,** interest; attention
interessieren, to interest
Interpretation', *f.* interpretation
interpretieren, to interpret
intim', intimate, close
invertieren, to invert
inzwischen, in the meantime, meanwhile
Ion, *n.* –**en,** ion
Io'nentheorie', *f.* ionic theory
Ionisation', *f.* ionization
ionistisch, ionistic
irgend, any, some, at all
irgendein, any (whatsoever)
irgendwie, somehow, anyhow
irgendwo, anywhere, somewhere
Iridium, iridium (Ir)
Irland, *n.* Ireland
irrationell', irrational
irrig, erroneous, false
Irrtum, *m.* ⸗**er,** error, mistake
irrtümlich, erroneous
Island, *n.* Iceland
isolieren, to isolate, separate
Isolierung, *f.* isolating, isolation
isomer', isomeric
isomorph', isomorphous, isomorphic
Isomorphis'mus, *m.* isomorphism
Ita'lien, *n.* Italy

Italie'ner, *m.* —, Italian
italie'nisch, Italian

J

J (Jod), iodine
ja, yes, indeed
Jahr, *n.* –e, year
jahrelang, lasting for years; for years
Jahresbericht, *m.* –e, annual report
Jahrhundert, *n.* –e, century
jährlich, yearly, annual
Jahrtausend, *n.* –e, a thousand years
Jahrzehnt, *n.* –e, decade
Januar, *m.* January
je, each, ever; in each case; — . . . —, the . . . the; — . . . **desto,** the . . . the; — **nach,** according to; — **nachdem,** according as, accordingly; **von** —, at all times, from time immemorial
jedenfalls, at all events
jeder, jede, jedes, each, every, any
jedermann, every one, anybody
jederzeit, at any time
jedesmal, every time
jedoch, yet, however
jeglich, each, every
jeher; von —, from time immemorial, at all times
jemals, ever
Jena, *city in central Germany; pop. (1910) 39,000; University of Jena, 2187 students (1913)*
jener, jene, jenes, that, the former
jetzt, now
jetzig, present
Jod, *n.* iodine (J)
Jodatom', *n.* –e, iodine atom
Jodkalium, *n.* potassium iodide (KJ)
Jodkaliumstärkepapier, *n.* potassium iodide starch paper
Johann', *m.* John
Joule, *n.* joule
Journal', *n.* –e, journal, magazine
Jubiläum, *n.* jubilee, celebration
Jugend, *f.* youth
Juli, *m.* July
jung, young, new, recent
jungfräulich, virginal
jüngst, *adv.* lately, recently
Juni, *m.* June
Jute, *f.* jute

K

K, Kalium, potassium
K. *or* **k. (kaiserlich** *or* **königlich),** imperial, royal
Kadmium, *n.* cadmium (Cd)
Kaffee, *m.* –s, coffee
Kaffeïn', *n.* caffeine, *a white, bitter, crystalline substance obtained from coffee*
Kakodyl', *n.* cacodyl, alkarsine, $As_2(CH_3)_4$, *a colorless, poisonous liquid, spontaneously combustible and of disagreeable odor*
kal., *abbreviation for small calorie*
Kal. (Cal.), **Kalorie,** large *or* kilogram calorie
Kalbfleisch, *n.* veal
Kali, *n.* potash (K_2O)
Kalifornien, *n.* California

Kalilauge, *f.* potash lye ($KHO + H_2O$)
Kalisalpeter, *m.* saltpeter, potassium nitrate (KNO_3)
Kalisalz, *n.* –e, potash salt
Kaliseife, *f.* potash soap
Kalium, *n.* potassium (K)
Kaliumchlorat,' *n.* potassium chlorate ($KClO_3$)
Kaliumhydroxyd', *n.* potassium hydroxide (KOH)
Kaliumnitrat', *n.* potassium nitrate (KNO_3)
Kaliumplatinchlorid', *n.* potassium platinichloride (K_2PtCl_6)
Kaliumsalz, *n.* –e, potassium salt
Kaliumsulfat', *n.* potassium sulphate (K_2SO_4)
Kaliumsuperoxyd', *n.* potassium peroxide (K_2O_2)
Kalk, *m.* –e, lime (CaO); chalk
Kalkgehalt, *m.* –e, lime content
Kalklicht, *n.* lime (calcium) light
Kalkmilch, *f.* milk of lime
Kalksalz, *n.* –e, calcium salt
Kalkspat, *m.* chalky sand, sinter, slate
Kalkstein, *m.* limestone
Kalkverbindung, *f.* lime *or* calcium compound
Kalkwasser, *n.* limewater
Kalorie', *f.* calorie
kalt, cold
Kälte, *f.* cold, coldness
Kälteerzeugung, *f.* refrigeration
Kalzit', *m.* calcite, *a mineral composed mainly of calcium carbonate*
Kalzium, *n.* calcium (Ca)
Kalziumdikarbonat', *n.* calcium dicarbonate, $CaH_2(CO_3)_2$
Kalziumhydroxyd', *n.* calcium hydroxide, $Ca(OH)_2$
Kalziumkarbonat', *n.* calcium carbonate ($CaCO_3$)
Kalziummetaphosphat', *n.* calcium metaphosphate, $(CaPO_3)_2$
Kalziumoxyd', *n.* calcium oxide (CaO)
Kalziumphosphat', *n.* calcium phosphate, $Ca_3(PO_4)_2$
Kalziumsalz, *n.* –e, calcium salt
Kalziumsulfat', *n.* calcium sulphate ($CaSO_4$)
Kammzug, *m.* carding; worsted
Kampf, *m.* ⸚e, combat, struggle
kämpfen, to fight, struggle
Kampfer, *m.* —, camphor ($C_{10}H_{16}O$)
Kämpfer, *m.* —, warrior, contestant
Kanal', *m.* ⸚e, canal
Kano'ne, *f.* cannon, gun
Kanzler, *m.* —, chancellor
Kaolin', *n.* kaolin, porcelain-earth
Kapillarität', *f.* capillarity
Kapi'tel, *n.* —, chapter; department
Kapitol', *n.* Capitol
Karbol'säure, *f.* carbolic acid, phenol (C_6H_5OH)
Karbonat' (Carbonat'), *n.* –e, carbonate
Karbonit', *n.* carbonite
karburieren, to carburize
Kardenband, *n.* (*m.*) ⸚er, spun cord, teasel

Kardinal'frage, *f.* main question
Karneval, *m.* (*n.*) **–s,** carnival
Karpfen, *m.* **—,** carp
Kartoffel, *f.* potato
Käse, *m.* **—,** cheese
Kassel, Cassel, *capital of Hesse-Nassau, southwestern Prussia; pop.* (*1910*) *153,000*
Katalysator, *m.* **–en,** catalyzer
Kataly'se, *f.* catalysis
Katechu', *n.* catechu, *a dry, brown, astringent extract obtained from the catechu plant, growing in India; contains a large portion of tannin and tannic acid*
Kategorie', *f.* category, class
Katho'de, *f.* cathode
Kation, *n.* **–en,** cation, kation
kaufen, to buy, purchase
Käufer, *m.* **—,** purchaser
Käuferpublikum, *n.* buying public
Kaufkraft, *f.* **⁼e,** purchasing power
kaum, scarcely, hardly
kaustisch, caustic
kaustizieren, to causticize
Kautschuk, *m.* **–e,** rubber
Kegel, *m.* **—,** cone
kegelförmig, cone-shaped, conical
Keim, *m.* **–e,** germ, embryo
kein, keine, kein, no, none
keinerlei, not any, of no sort
keineswegs, by no means
Kelchglas, *n.* **⁼er,** glass cup
Keller, *m.* **—,** cellar
kennen (kannte, gekannt), to know, be acquainted with; **— lernen,** become acquainted with
Kenntnis, *f.* **–se,** knowledge, information
Kennzeichen, *n.* **—,** mark, indication, characteristic
kennzeichnen, to characterize, distinguish
Kern, *m.* **–e,** nucleus, kernel, core; (soap) curd
Kernseife, *f.* curd soap, grain soap
Kerze, *f.* candle
Kerzendicke, *f.* candle thickness
Kerzenflamme, *f.* candle flame
Kerzenherstellung, *f.* candle manufacture
Kette, *f.* chain, series; warp
Kettenrost, *m.* **–e,** chain grate
kg. (**Kilogramm**), kilogram
Kgl. *or* **kgl.** (**königlich**), royal
Kienruß, *m.* pine soot
Kiesel, *m.* flint
Kieselfluorwasserstoffsäure, *f.* fluosilicic *or* silicofluoric acid (SiH_2Fl_6)
Kieselgur, *f.* kieselguhr, silicious marl
Kieselsäure, *f.* silicic acid (H_4SiO_4)
Kindheit, *f.* childhood
kindlich, childlike
kinetisch, kinetic
Kirche, *f.* church
kirchlich, ecclesiastical
Kirschrotglut, *f.* cherry-red glow *or* heat
klar, clear, evident; **ins —e kommen,** to become enlightened, understand
Klarheit, *f.* clearness
Klarsieden, *n.* boiling until clear, clarifying

klar-stellen, to make clear, explain

Klärung, *f.* clarifying

Klasse, *f.* class

Klassifikation′, *f.* classification

Klassifizierung, *f.* classification

klassizistisch, classic, old-fashioned

kleiden, to clothe, dress

klein, small

Kleinasien, *n.* Asia Minor

Klnieigkeit, *f.* trifle, detail

Kleinwesen, *n.* —, animalcule

klimatisch, climatic

klopfen, to knock, beat

Klub, *m.* –s, club

Kluft, *f.* ¨e, crack, fissure

Knabe, *m.* –n, boy

Knall, *m.* –e, detonation, crack, report

Knallgas, *n.* detonating gas

Knallgasflamme, *f.* oxyhydrogen flame

Knallgasgebläse, *n.* oxyhydrogen blowpipe

Knallquecksilber, *n.* fulminating mercury ($HgC_2N_2O_2$)

Knallsäure, *f.* fulminic acid ($C_2H_2N_2O_2$)

Knallsilber, *n.* fulminating silver, *a black, crystalline substance,* $Ag_2O.\ (NH_3)_2$

Kneipe, *f.* inn; drinking bout

kneten, to knead

Knoblauch, *m.* garlic

knoblauchähnlich, garlic-like

Knochen, *m.* —, bone

Knochengerüst, *n.* skeleton

Knochenkohle, *f.* bone ash

Kobalt, *m.* (*n.*) cobalt (Co)

Kobaltammin′, *n.* –e, cobalt ammine, *a cobalt salt to which one or more molecules of ammonia have been added*

Kobaltammin′base, *f.* cobalt ammine base

Kobold, *m.* –e, goblin, imp

kochen, to cook, boil

Kocher, *m.* —, boiler, cooker

Kochherd, *m.* –e, cook stove

Kochsalz, *n.* –e, common salt, sodium chloride (NaCl)

Kochsalzlösung, *f.* common salt solution

Kochsalzmenge, *f.* amount of common salt *or* sodium chloride

Kochsalzzusatz, *m.* addition of common salt

Kohle, *f.* coal, charcoal, carbon

Kohleelektrode, *f.* carbon electrode

Kohlefaden, *m.* ¨, carbon thread

kohlen, to char, carbonize

Kohlendioxyd′, *n.* carbon dioxide (CO_2)

Kohlenfilter, *n.* —, charcoal filter

Kohlenhydrat′, *n.* –e, carbohydrate

Kohlenmasse, *f.* quantity of coal

Kohlenoxyd′, *n.* carbon monoxide (CO)

Kohlenpulver, *n.* powdered carbon

kohlensauer, of *or* combined with carbonic acid, carbonate

Kohlensäure, *f.* carbonic acid (CO_2)

kohlensäurehaltig, containing carbonic acid, carbonated

kohlensaurer Kalk, *m.* carbonate of lime, calcium carbonate ($CaCO_3$)
kohlensaures Ammon′ *or* **Ammoniak′** (Ammoniumkarbonat), *n.* ammonium carbonate, $(NH_4)_2CO_3$
kohlensaures Kalzium (Kalziumkarbonat), *n.* calcium carbonate ($CaCO_3$)
kohlensaures Mangan′ (Mangankarbonat), *n.* manganese carbonate ($MnCO_3$)
kohlensaures Natron, *n.* sodium bicarbonate ($HNaCO_3$)
Kohlenstoff, *m.* carbon (C)
kohlenstoffarm, poor in carbon
Kohlenstoffatom′, *n.* –**e,** carbon atom
Kohlenstoffbindung, *f.* carbon union *or* linkage
Kohlenstoffgehalt, *m.* carbon content, amount of carbon
kohlenstoffhaltig, carboniferous
Kohlenstoffkette, *f.* carbon chain
Kohlenstoffmenge, *f.* amount of carbon
kohlenstoffreich, rich in carbon
Kohlenstoffring, *m.* –**e,** carbon ring
Kohlenstoffverbindung, *f.* carbon compound
Kohlenwasserstoff, *m.* –**e,** hydrocarbon
Koketterie′, *f.* coquetry
Kokosfett, *n.* coconut oil
Koks, *m.* —, coke
Kokspulver, *n.* powdered carbon
Kolben, *m.* —, flask, carboy; piston
Kolleg′, *n.* –**s,** lecture course
Kolle′ge, *m.* –**n,** colleague
Kollodium, *n.* collodion, *a liquid, consisting of alcohol and ether, in which soluble guncotton is dissolved*
Kollodiumwolle, *f.* collodion cotton, soluble guncotton
Kolmar, *city in Alsace; pop.* (*1910*) *44,000*
Kolonial′politik′, *f.* colonial policy
Kolophonium, *n.* colophony, rosin
Kolum′ne, *f.* column
Komfort, *m.* comfort
Komitee′, *n.* –**s,** committee
kommen (a, o), to come; occur
kommerziell′, commercial
Kommission′, *f.* commission
Kompendium, *n.*, *pl.* **Kompendien,** handbook, short treatise
komplex′, complex
kompliziert′, complicated, intricate
Komponent′, *n.* –**en,** component
Kondensation′, *f.* condensation
kondensierbar, condensable
kondensieren, to condense
König, *m.* –**e,** king
königlich, royal, imperial
Königwasser, *n.* aqua regia
Konkurrenz′kampf, *m.* competition, rivalry
können (konnte, gekonnt), to be able, can
Konsequenz′, *f.* logical conclusion
Konservenbüchse, *f.* jar for preserves

Konservierungsmittel, *n.* — preservative
konstant′, constant
Konstan′te, *f.* constant
Konstitution′, *f.* constitution
Konstitutions′formel, *f.* constitutional formula
konstruieren, to construct
Konstruktion′, *f.* construction
Konsum′, *m.* consumption
kontradiktorisch, contradictory
Konverter, *m.* **—,** converter
konvex′, convex
konz. **(konzentriert),** concentrated
Konzentration′, *f.* concentration
konzentrieren, to concentrate
Koordination′, *f.* coördination
Kopf, *m.* **⸚e,** head
Kopfsalat′, *m.* lettuce
Köping, *town in southern Sweden; pop.* (*1910*) *6,000*
Kork, *m.* **–e,** cork
Korn, *n.* **⸚er,** corn, grain; sort
körnen, to granulate, grain; **gekörnt,** granular
körnig, granular
Kornzucker, *m.* granulated sugar
Körper, *m.* **—,** body, substance, compound
Körperklasse, *f.* class of substances *or* bodies
körperlich, physical
Körpersubstanz′, *f.* body matter
Körperwelt, *f.* material world
Korpuskular′theorie′, *f.* corpuscular theory
Korrektheit, *f.* correctness
korrespondieren, to correspond
Korund′, *m.* corundum, *native alumina or aluminum oxide,* Al_2O_3; *hardest mineral except diamond*
Kost, *f.* food, diet
kostbar, precious
Kosten (*pl. only*), cost, expense
kostspielig, costly, expensive
Kraft, *f.* **⸚e,** force, power
Krafteinheit, *f.* unit of power
Kraftentwickelung, *f.* development of power
Kraftgefühl, *n.* feeling of power
kräftig, strong, powerful
kraftvoll, vigorous
Krain, *n.* Carniola (*crownland of Austria*)
Kran, Krahn, *m.* **–e** *or* **⸚e,** crane
kränken, to hurt, grieve, annoy
Krankheitserreger, *m.* **—,** disease producer, insidious germ
Krapp, *m.* madder
Krappbau, *m.* cultivation of madder
Krappflanze, *f.* madder plant
Kreatin′, *n.* creatine, *a white, crystalline, nitrogenous substance* ($C_4H_9O_2N_3$), *found in the muscles of vertebrates*
Kreati′nin, *n.* creatinine, $C_4H_7ON_3$, *a white, crystalline substance occurring in muscle tissue and urine*
Kreidestück, *n.* **–e,** piece of chalk
Kreis, *m.* **–e,** circle, sphere; realm
Kreislauf, *m.* **⸚e,** circulation, cycle, circuit

Kresol, *n.* **–e,** cresol, hydroxyltoluol, $C_6H_4(OH).(CH_3)$
Kreuzspule, *f.* darning cotton
Krieg, *m.* **–e,** war
Kristall′, *m.* **–e,** crystal
Kristall′brei, *m.* crystalline pulp *or* mash
Kristall′form, *f.* crystalline form
kristallinisch, crystalline
Kristallisation′, *f.* crystallization
kristallisations′fähig, capable of crystallization
kristallisieren, to crystallize
Kristallographie′, *f.* crystallography
Kristall′wasser, *n.* water of crystallization
Kritik′, *f.* criticism
kritisch, critical
Kroa′tien, *n.* Croatia, *a kingdom of Austria, bordering on the Adriatic*
krönen, to crown
Kryolith, *m.* cryolite (Na_3AlF_6)
Krypton, *n.* krypton (Kr), *an inert gaseous element of the argon group; occurs in the air to the extent of about one volume in a million*
Kugel, *f.* sphere, ball
kugelförmig, spherical
Kugelmühle, *f.* ball mill
kühl, cool
kühlen, to cool, refrigerate
Kühler, *m.* **—,** cooler, condenser
Kühlvorrichtung, *f.* cooling apparatus
Kühnheit, *f.* boldness, courage
kultivieren, to cultivate
Kultur′, *f.* civilization
Kultur′geschichte, *f.* history of civilization
kultur′geschichtlich, relating to the history of civilization, cultural
Kultur′pflanzen, *f. pl.* cultivated plants *or* vegetables
Kultur′stufe, *f.* plane of civilization
Kümmel, *m.* caraway
künden, to make known
kund-geben (a, e), to manifest, show
künftig, future
Kunst, *f.* **⸗e,** art, skill
Kunstgewerbe, *n.* **—,** useful, art, technical industry
künstlerisch, artistic
künstlich, artificial
Kunstseide, *f.* artificial silk
Kunstwerk, *n.* **–e,** work of art
Küpe, *f.* vat, boiler
Küpenfärberei′, *f.* vat dyeing
Küpenfarbstoff, *m.* **–e,** vat dye
Kupfer, *n.* copper (Cu)
Kupferchlorid′, *n.* copper (cupric) chloride $(CuCl_2)$
Kupferoxyd′, *n.* cupric oxide (CuO)
Kupferoxydul′, *n.* cuprous oxide (Cu_2O)
kupferrot, copper-colored
Kupfersulfid′, *n.* copper (cupric) sulfide (CuS)
Kupfersulfür′, *n.* cuprous sulfide (Cu_2S)
Kupfervitriol′, *m.* blue vitriol, sulphate of copper $(CuSO_4)$
kuppeln, to couple, join; develop
Kupplung, *f.* coupling, union
Kurfürst, *m.* elector; **der Große**

—, the Great Elector (*of Brandenburg*)
kurios′, curious, queer
kurz, short; *adv.* in short, briefly
Kürze, *f.* shortness, brevity; **in der —**, briefly

L

Laborant′, *m.* **–en**, chemist
Laboratorium, *n.*, *pl.* **Laboratorien**, laboratory
Laboratoriumsversuch, *m.* **–e**, laboratory experiment
lächeln, to smile
Lachgas, *n.* laughing gas
Lachs, *m.* **–e**, salmon
Lackmus, *n.* litmus
Lackmusfarbstoff, *m.* litmus coloring matter
Lackmuspapier′, *n.* litmus paper
laden (u, a), to load, charge; (u, a *or* weak), to invite
Ladung, *f.* load, charge
Lage, *f.* position, situation, location
Lager, *n.* **—**, bed, stratum, layer
lagern, to lie, deposit; be deposited, spread out
Laienpublikum, *n.* general public
Lakto′se, *f.* lactose, *a hard crystalline sugar* ($C_{12}H_{22}O_{11}.H_2O$), *present in milk*
Lampe, *f.* lamp
Lampenruß, *m.* lampblack
Land, *n.* **⸗er**, land, country
Landgut, *n.* **⸗er**, (country) estate
Landsmann, *m.* (fellow) countryman, compatriot
Landstrich, *m.* **–e**, region, district
Landwirt, *m.* **–e**, farmer
Landwirtschaft, *f.* agriculture
landwirtschaftlich, agricultural
lang, long
langatmig, long-winded, tedious
lange, *adv.* for a long time, long, by far
Länge, *f.* length
langsam, slow
längst, *adv.* by far, long (ago)
lassen (ie, a), to leave, let, allow; cause (*something to be done*); **sich —**, may be, can be
lasten, to weigh, press down
lästig, troublesome, bothersome
lateinisch, Latin
latent′, latent
Laubwald, *m.* **⸗er**, forest in foliage, forest of deciduous trees
Lauf, *m.* **⸗e**, course, current
Laufbahn, *f.* career
laufen (ie, au), to run; **—d**, current
Lauge, *f.* lye; liquor
laugenhaft, like lye, alkaline
Laurium, *city of ancient Greece*
laut, loud; *prep.* in accordance with, according to
lauten, to sound; state, run
lautlos, mute, silent
leben, to live; **— Sie wohl**, good-bye
Leben, *n.* life, existence
lebendig, living, lively
Lebensarbeit, *f.* life-work
Lebensart, *f.* mode of life

Lebensende, *n.* death
Lebensführung, *f.* conduct in life, mode of living
Lebensgang, *m.* (life) career
Lebensjahr, *n.* **–e,** year of life
Lebenskraft, *f.* **⁼e,** life *or* vital force
Lebenslust, *f.* enjoyment of life
Lebensstellung, *f.* position in life
Lebenstätigkeit, *f.* life activity
Lebensvorgang, *m.* **⁼e,** life's process
Lebensweisheit, *f.* practical wisdom
Leber, *f.* liver
Lebewesen, *n.* **—,** living being, organism
lebhaft, lively, active
leblos, lifeless, inanimate
Leder, *m.* leather
lediglich, only, merely
Lee, *f.* lee
Leeds, *city in northern England; pop.* (*1911*) *446,000*
leer, empty, vacant
legen, to lay, place, put
legieren, to alloy
Legierung, *f.* alloy
Legumin′, *n.* legumin (*an albuminous ingredient of seeds of leguminous plants*)
Leguminose, *f.* legume
Lehm, *m.* loam
Lehranstalt, *f.* educational institution, school
Lehrbuch, *n.* **⁼er,** textbook, treatise
Lehre, *f.* doctrine, theory; science
lehren, to teach, inform, show
Lehrer, *m.* **—,** teacher
Lehrgebäude, *n.* system (*of instruction*)
Lehrkanzel, *f.* chair, professorship
lehrreich, instructive
Lehrstuhl, *m.* **⁼e,** professorial chair, professorship
Lehrtätigkeit, *f.* educational work
Lehrzeit, *f.* apprenticeship
Leibarzt, *m.* **⁼e,** physician in ordinary
leibhaftig, incarnate
leicht, light, easy, slight
Leichtigkeit, *f.* ease, facility
leichtlöslich, easily soluble
Leichtmetall′, *n.* **–e,** light metal
leider, unfortunately, alas
leihen (ie, ie), to loan; borrow
Leim, *m.* glue, size
leimen, to glue, size
Leimseife, *f.* filled soap (*in which the glycerin and lye are allowed to remain*)
Leimung, *f.* gluing, sizing
leinen, *adj.* linen
Leinen, *n.* linen
Leipzig, Leipzig, *in Saxony, the third largest city in Germany; pop.* (*1912*) *641,000; Leipzig University, 5171 students* (*1913*)
leise, soft, low, light
leisten, to do, perform, give
Leistung, *f.* work, performance, accomplishment
Leistungsfähigkeit, *f.* efficiency, power
leiten, to lead, conduct, carry; direct, manage
Leiter, *m.* **—,** leader, conductor, head

Leitfähigkeit, *f.* conductivity
Leitmotiv′, *n.* central theme
Leitung, *f.* guidance, management, supervision
Leitungsröhre, *f.* tube, conducting pipe
lenken, to guide, direct
lernen, to learn
lesen (a, e), to read
Letternmetall′, *n.* type metal
letzt, last
letzte(r), latter
leuchten, to shine, give light; **—d,** luminous, bright
Leuchtgas, *n.* **–e,** illuminating gas
Leuchtgasfabrikation′, *f.* illuminating gas manufacture
Leuchtgasgewinnung, *f.* illuminating gas production
Leuchtkraft, *f.* **⸗e,** illuminating power
Leute (*pl.*), people
Li (**Lithium**), lithium
Licht, *n.* **–er,** light
Lichtbogen, *m.* electric arc
lichtbrechend, refractive
lichtecht, light-fast (*not deteriorating on exposure to light*)
Lichtechtheit, *f.* fastness to light
lichtempfindlich, sensitive to light
Lichtenergie′, *f.* light energy
Lichtentwicklung, *f.* evolution of light
Lichtintensität′, *f.* light intensity
Lichtquelle, *f.* source of light
lichtstark, strong-light (*adj.*)
Lichtstärke, *f.* light strength
Lichtstrahl, *m.* **–en,** light-ray
lieb, dear, cherished, pleasing
liebenswürdig, amiable
liebevoll, loving, affectionate
lieber (*as comp. of* **gern**), preferably, more readily *or* freely
Liebhaberei′, *f.* fancy, favorite pursuit
Lieblingsfarbe, *f.* favorite color
liefern, to yield, furnish, produce, deliver
liegen (a, e), to lie, be situated, be; **auf der Hand —** be evident *or* plain; **es liegt mir daran,** it is my wish, I am anxious
lignin′saurer Kalk, *m.* calcium sulpholignite
Lignin′substanz′, *f.* lignine substance ($C_6H_{10}O_5$)
Linie, *f.* line; **in erster —,** primarily, chiefly
linienreich, rich in lines, many-lined
Linse, *f.* lens; lentil
Liste, *f.* list, roll
Liter, *n.* **—,** liter
literarisch, literary
Literat′, *m.* **–en,** literary man, writer
Literatur′, *f.* literature
Lithium, *n.* lithium (Li)
Lithofrakteur′, *m.* lithofracteur, *a blasting explosive of the dynamite class, consisting of nitroglycerine absorbed in kieselguhr, barium nitrate, etc.*
Lob, *n.* praise
löblich, laudable
Loch, *n.* **⸗er,** hole
locker, loose, spongy
lockern, to loosen

lohnen, to pay, reward; **sich —,** be profitable; **—d,** profitable
Lokal'inspektion', *f.* inspection of a locality
Lorbeer, *m.* laurel, bay
los, loose, free
lose, loose, shifting
lösen, to loosen, dissolve; solve; sever, throw off
löslich, soluble
Löslichkeit, *f.* solubility
Löslichkeitszustand, *m.* state of solubility
Lösung, *f.* solution
Lösungsmittel, *n.* —, solvent
Lösungspunkt, *m.* point of solution
Lösungsvermögen, *n.* dissolving power
Lösungsvorgang, *m.* ⸚e, process of solution
Lücke, *f.* gap, break, hiatus
Luft, *f.* ⸚e, air; atmosphere
Luftabschluß, *m.* exclusion of air
Luftbad, *n.* air bath
Luftballon', *m.* -s, balloon
luftdicht, air-tight; hermetically
Luftdruck, *m.* -e, air pressure
Luftfahrt, *f.* aërial *or* balloon trip
luftförmig, gaseous
Luftgas, *n.* air gas
luftleer, void of air, vacuous
Luftpumpe, *f.* air *or* pneumatic pump
Luftstrom, *m.* ⸚e, air current
Lufttemperatur', *f.* temperature of the air
lufttrocken, air-dry
Lufttrockenschrank, *m.* air-dry case *or* cabinet
Luftzufuhr, *f.* supply *or* admission of air
Luftzuführung, *f.* air supply, admission of air
Luftzutritt, *m.* access of air
Lümmel, *m.* —, boor, booby
Lumpen, *m.* —, rag
Lund, *city in southern Sweden; pop. (1912) 21,000*
Luteo-verbindung, *f.* luteo compound (*belonging to the luteoammine or hexammine series of the cobalt ammines*)
Lyddit', *m.* lyddite, *a high explosive, composed largely of picric acid*

M

m, Meter, meter
machen, to make, do; **sich daran —,** set about; **zunutze —,** avail oneself of
Macht, *f.* ⸚e, power, force
mächtig, mighty, powerful, huge
Machtstellung, *f.* powerful position, power
Magen, *m.* stomach
Magenausspülung, *f.* washing *or* flushing of the stomach
Magensaft, *m.* gastric juice
mager, meager, lean, thin, poor
Magistrat', *m.* municipal council
Magnesia, *f.* magnesia (MgO); **— alba,** white magnesia
Magnesiamixtur', *f.* magnesia mixture
Magnesium, *n.* magnesium (Mg)

Magnesiumchlorid′, *n.* magnesium chloride ($MgCl_2$)
Magnesiumoxyd′, *n.* magnesium oxide (MgO)
Magnesiumsalz, *n.* –e, magnesium salt
Magnet′eisenerz, *n.* –e, magnetic iron ore, magnetite
magnetisch, magnetic
Magnetismus, *m.* magnetism
Magnetit′, *m.* magnetite (Fe_3O_4)
mahlen (mahlte, gemahlen), to grind, mill
Mähren, Moravia, *an Austrian crownland; area 8580 sq. mi.; pop.* (*1910*) *2,648,000*
Mai, *m.* May
Maismehl, *n.* corn meal
Majoran′, *m.* marjoram, *an herb of the mint family*
mal, time, times
Mal, *n.* –e, time; **zum ersten —**, for the first time
Malmoe, Malmö (Malmoe), *third largest city in Sweden; pop.* (*1912*) *93,000*
Malto′se, *f.* maltose, $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, *a hard, white, crystalline sugar formed by the action of malt on starch*
Malzzucker, *m.* malt sugar
man, one, they, people
mancher, manche, manches, many, many a
mancherlei, many, different
manchmal, sometimes, often
Mangan′, *n.* manganese (Mn)
Mangan′chlorid′, *n.* manganic chloride ($MnCl_3$)
mangan′haltig, containing manganese, manganiferous
Mangan′oxyd′, *n.* manganic oxide (Mn_2O_3)
Mangan′oxydul′, *n.* manganous oxide (MnO)
Mangan′oxydul′oxyd′, *n.* mangano-manganic oxide (Mn_3O_4)
Mangan′säure, *f.* manganic acid (H_2MnO_4)
Mangan′seife, *f.* manganic soap
Mangan′superoxyd′, *n.* manganese peroxide (MnO_2)
Mangel, *m.* ⸚, lack, fault, defect
manipulieren, to manipulate
Manko, *n.* –s, deficiency, difficulty
Mann, *m.* ⸚er, man
Mannesjahre, *n. pl.* (years of) manhood
mannigfach, manifold, various
mannigfaltig, manifold, various
Mannigfaltigkeit, *f.* variety, multiplicity
männiglich (*indef. pro.*), everybody
Mantel, *m.* ⸚, mantle, casing
Manuskript′, *n.* –e, manuscript, copy
Marbach, *village in Württemberg; Schiller's birthplace; pop.* (*1910*) *3,100*
Marburg, *Hessian city in southwestern Prussia; pop.* (*1910*) *22,000; University of Marburg, 2150 students* (*1912*)
Marienbad, *a watering place in Bohemia, Austria; pop.* (*1910*) *7,000*
Mark, *f.* mark (*24 cents*)
Markt, *m.* ⸚e, market(place)
März, *m.* March
Maschine, *f.* machine, engine, apparatus

maschinell', mechanical
Maschinenarbeit, *f.* machinery work, machinery
Maskenanzug, *m.* ⸚e, carnival clothes
Maskenkostüm', *n.* –e, mask *or* carnival costume
Maß, *n.* **–e,** measure, standard, rate, degree, extent
Masse, *f.* mass, quantity
Maßeinheit, *f.* unit of measure
Massenwirkung, *f.* mass action
maßgebend, decisive, authoritative, of influence
mäßig, moderate
Maßnahme, *f.* measure, step
Maßstab, *m.* ⸚**e,** rule, measure, scale [measurement
Maßsystem', *n.* **–e,** system of
Material', *n.* **–ien,** material
Material'prüfungsamt, *n.* material-testing department
Mate'rie, *f.* matter
Mathematik', *f.* mathematics
Mathematiker, *m.* **—,** mathematician
mathematisch, mathematical
Mauer, *f.* wall
Maximum, *n.*, *pl.* **Maxima,** maximum
mechanisch, mechanical
Medaille, *f.* medal
Medikament', *n.* **–e,** medicine, drug
Medizin', *f.* medicine; science of medicine, therapeutics
medizinisch, medicinal, medical
Meer, *n.* **–e,** sea, ocean
Meeresspiegel, *m.* sea level
Meerwasser, *n.* ocean *or* salt water
mehlfein, fine as meal
Mehlpulver, *n.* meal powder
mehr, more
mehrere, several
mehreremale, several times
mehrfach, manifold, intricate, repeated
mehrmals, several times, repeatedly
mehrmonatlich, *adj.* of several months (duration)
mehrstündig, *adj.* several hours (duration) [valent
mehrwertig, multivalent, poly-
Mehrzahl, *f.* majority; plural
Meile, *f.* mile (*Germ. mile = 7500 m. or about 4½ Eng. miles*)
Meiler, *m.* **—,** kiln, mound
meinen, to think, suppose
Meinung, *f.* opinion, view
meist, most; mostly
meistens, mostly, usually
Meister, *m.* **—,** master
meisterhaft, masterly
meistern, to master, subdue
Melasse, *f.* molasses
melden, to announce; **sich —,** report
Melinit', *m.* melinite, *a high explosive similar to lyddite and said to be chiefly picric acid*
Meliorations'zweck, *m.* **–e,** purpose of bettering *or* strengthening
Memoire, *n.* **–n,** memoir
Menge, *f.* multitude, quantity, amount, (large) number
mengen, to mix, blend
Mengenverhältnis, *n.* **–se,** quantitative proportion

Mengung, *f.* mixing, blending
Menis'kus, *m., pl.* **Meniski,** meniscus
Mennige, *f.* minium, red lead (Pb_3O_4)
Mensch, *m.* **–en,** man, mankind
Menschenfreundlichkeit, *f.* philanthropy; geniality
Menschengeschlecht, *n.* mankind
Menschenleben, *n.* lifetime
menschlich, human
Mergel, *m.* marl
merken, to notice, perceive
merklich, perceptible, visible, considerable
Merkur', *m.* Mercury; mercury, quicksilver
merkuria'lisch, mercurial
merkwürdig, remarkable, curious
merkwürdigerweise, strange to relate
merzerisieren, to mercerize
messen (a, e), to measure
Messer, *n.* —, knife
Messung, *f.* measurement
Metall', *n.* **–e,** metal
Metall'chlorid', *n.* **–e,** metallic chloride
Metall'fadenlampe, *f.* metal-thread lamp
Metall'farbe, *f.* metal color
Metall'glanz, *m.* metallic luster
metall'glänzend, having metallic luster, lustrous
metall'haltig, containing metal, metalliferous
metallisch, metallic
metallischgelb, metallic yellow
Metall'kalk, *m.* **–e,** metallic calx (oxide)
Metalloid', *n.* **–e,** metalloid, non-metal
Metalloid'oxyd', *n.* **–e,** metalloid *or* non-metallic oxide
Metall'oxyd', *n.* **–e,** metallic oxide
Metall'röhre, *f.* metal tube
Metall'untersuchung, *f.* metal investigation *or* testing
Metallurgie', *f.* metallurgy
metallur'gisch, metallurgic
Metall'veredlung, *f.* purification *or* ennobling of metal
Metall'verkalkung *f.* calcination of metal, oxidation
Meteorit', *m.* **–en,** meteorite
Meterkilogramm, *n.* kilogram-meter
Metho'de, *f.* method
Methyl'grün, *n.* methyl green
mg (**Milligramm**), milligram
Mg (**Magnesium**), magnesium
Mikroskop', *n.* **–e,** microscope
mikroskopisch, microscopic
Milch, *f.* milk
Milchsäure, *f.* lactic acid ($C_3H_6O_3$)
Milchzucker, *m.* milk sugar
mild, mild, soft
Militär'pulver, *n.* army powder
Million', *f.* million
Milz, *f.* spleen
minder, less
mindestens, at least
Mineral', *n.* **–ien,** mineral
Mineral'analy'se, *f.* mineral analysis
Mineral'boden, *m.* **⸗,** mineral soil
Mineraliensammlung, *f.* mineral collection
mineralisch, mineral

mineralisieren, to mineralize
Mineralog', *n.* **–en,** mineralogist
Mineralogie', *f.* mineralogy
mineralogisch, mineralogical
Mineral'quelle, *f.* mineral spring
Mineral'reich, *n.* mineral kingdom
Mineral'säure, *f.* mineral acid
Mineral'stoff, *m.* **–e,** mineral substance
Mineral'wasser, *n.* — *or* ≈, mineral water
Mineral'wasseranaly'se, *f.* mineral water analysis
Mineral'wasseruntersuchung, *f.* mineral water analysis
Minette, *f.* minetta, *a phosphatic iron ore*
Minimum, *n., pl.* **Minima,** minimum
Minister, *m.* —, minister; secretary of state
Minute, *f.* minute
Mischbarkeit, *f.* miscibility
mischen, to mix
Mischgas, *n.* mixed gas
Mischung, *f.* mixture
Mischungsverhältnis, *n.* **–se,** mixture proportion
Mißbrauch, *m.* abuse
mit, with; along
Mitarbeiter, *m.* —, co-worker, collaborator
Mitbürger, *m.* —, fellow-citizen
miteinander, with one another *or* each other
mit-führen, to bear *or* carry along
Mitglied, *n.* **–er,** member
Mitgliedschaft, *f.* membership
Mitmensch, *m.* **–en,** fellow man
mit-sprechen (a, o), to have a voice in, count
Mitte, *f.* middle, center
mit-teilen, to communicate, impart, inform
Mitteilung, *f.* communication, information, statement, report, article
Mittel, *n.* —, medium, means, agent; mean, average
mittelalterlich, medieval
mittels, by means of
mittelst, by means of
Mittelwert, *m.* **–e,** approximate value, average
mitten in, in(to) the midst of; — **unter,** among
mittler, middle, central, mean, average
mitunter, sometimes
mit-wirken, to coöperate
Mitwirkung, *f.* coöperation
mkg (Meterkilogramm), kilogrammeter
mm (Millimeter), millimeter
Moder, *m.* mold, decay
modern', modern
Modifikation', *f.* modification, form
modifizieren, to modify, alter
mögen (mochte, gemocht), may, like, can
möglich, possible; **möglichst,** as possible, as far as possible
Möglichkeit, *f.* possibility
Mol, *n.* **–e,** gram-molecule, gram-molecular weight
Molekel, *f.* molecule
Molekül', *n.* **–e,** molecule
Molekular'formel, *f.* molecular formula

Molekular'gewicht, *n.* **–e,** molecular weight
Molekular'gewichtsbestimmung, *f.* determination of the molecular weight
Molekular'verbindung, *f.* molecular compound *or* combination
Molekular'wärme, *f.* molecular [heat
Molybdän'säure, *f.* molybdic acid (H_2MoO_4)
molybdän'saures Ammon', *n.* molybdate of ammonia
Molybdat', *n.* **–e,** molybdate
Moment', *m.* **–e,** moment, instant
Monat, *m.* **–e,** month
Monokalziumphosphat', *n.* monocalcium-phosphate, $Ca(CH_2PO_4)_2$
monoklin', monoclinic
Monosaccharid', *n.* **–e,** monosaccharide ($C_6H_{12}O_6$)
Montabaur, *village in southwestern Prussia; pop.* (*1910*) *4,200*
Montblanc, Mont Blanc, *highest mountain in Europe*
Moorboden, *m.* **⸚,** bog earth, marshy soil
Moorversuchsstation', *f.* experiment station for marshy soil or bog land
Moos, *n.* **–e,** moss
moralisch, moral
morgen, to-morrow
Morgen, *m.* **—,** morning
Morphologie', *f.* morphology
Mörser, *m.* **—,** mortar
Mühe, *f.* trouble, labor, pains
Mühewaltung, *f.* effort, painstaking work
Mülhausen, *city in Alsace; pop.* (*1910*) *98,000*
multipel, multiple
Multiplikation', *f.* multiplication
multiplizieren, to multiply
München, Munich, *capital of Bavaria; pop.* (*1910*) *601,000*
muschelig, shell-like, conchoidal
Museum, *n., pl.* **Museen,** museum
Musik', *f.* music
Muskat'nuß, *f.* **⸚e,** nutmeg
Muskelfleisch, *n.* muscle meat *or* flesh
Muskelsubstanz', *f.* muscular tissue
müssen (**mußte, gemußt**), must, to have to, be compelled
müßig, idle, useless
Muster, *n.* **—,** pattern, standard; sample, specimen
mutig, brave, bold
Mutter, *f.* **⸚,** mother
Mutterlauge, *f.* mother liquor
Myosin', *n.* myosin (*albuminous substance formed in coagulated blood of dead muscle*)
Mythenbildung, *f.* myth fabrication

N

n. (**nach**), after, according to
N, Nitrogenium (Stickstoff), nitrogen
Na (**Natrium**), sodium
nach, to, toward, after, according to, by; — **und** —, gradually, little by little
Nachahmung, *f.* imitation, copying

Nachbarschaft, *f.* neighborhood
Nachbehandeln, *n.* after-treatment
nachdem, after, afterward; **je —,** according as, accordingly
nachdenklich, pensive
nacheinander, one after the other
nach-folgen, to follow; **—d,** subsequent
Nachfolger, *m.* **—,** follower, successor
nachher, afterwards
nachherig, subsequent
Nachkomme, *m.* **–n,** descendant; *pl.* posterity
Nachricht, *f.* news, report, information
Nachruf, *m.* obituary
Nachsaturation′, *f.* final *or* secondary saturation
nach-schieben (o, o), to shove (along)
nächst, next, nearest
nächstbeteiligt, most concerned, nearest related
nach-streben, to strive after
Nacht, *f.* **¨e,** night
Nachteil, *m.* **–e,** disadvantage, injury, harm
nachteilig, disadvantageous, harmful
nachträglich, supplementary, subsequent
nachts, at night
Nachweis, *m.* **–e,** detection, proof
nachweisbar, demonstrable
nach-weisen (ie, ie), to point out, prove, demonstrate
Nachwirkung, *f.* after effect
nah(e), near, close, direct
Nähe, *f.* neighborhood, vicinity
nähern, to approach, bring near
näherungsweise, approximately
nahezu, almost, nearly
Nähmaschine, *f.* sewing machine
Nährstoff, *m.* **–e,** foodstuff, food
Nahrung, *f.* nutriment, food
Nahrungsmittel, *n.* **—,** article of food, food
Nahrungsstoff, *m.* **–e,** nutritive substance
Nährwert, *m.* nutritive value
Name(n), *m.* **—,** name
namentlich, especially
namhaft, notable, considerable, distinguished
nämlich, namely; of course
Narr, *m.* **–en,** fool
Narrenkleid, *n.* **–er,** fool's *or* harlequin's attire
naß, wet, moist
Nation′, *f.* nation
national′, national
National′geist, *m.* national spirit
Natrium, *n.* sodium (Na)
Natriumacetat′, *n.* sodium acetate ($CH_3CO_2Na + 3H_2O$)
Natriumchlorid′, sodium chloride ($NaCl$)
Natriumhydrosulfit′, *n.* sodium hydrosulphite ($Na_2SO_3 + 7H_2O$)
Natriumhydroxyd′, *n.* sodium hydroxide ($NaOH$)
Natriumhyperoxyd′, *n.* sodium (per)oxide (NaO)

Natriumnitrat′, *n.* sodium nitrate ($NaNO_3$)
Natriumnitrit′, *n.* sodium nitrite ($NaNO_2$)
Natriumsalz, *n.* **–e**, sodium salt
Natriumsuperoxyd′, *n.* sodium superoxide (Na_2O_2)
Natron, *n.* (caustic) soda, sodium hydroxide (Na_2O)
Natronkalk, *m.* soda lime
Natronkalziumhydrat′, *n.* soda lime, *a mixture of caustic soda and quicklime*
Natronlauge, *f.* soda lye, solution of caustic soda
Natronseife, *f.* soda soap
Natur′, *f.* nature, character
Natur′erscheinung, *f.* natural phenomenon
Natur′farbstoff, *m.* **–e**, natural dye
Natur′forscher, *m.* **—**, scientist
Natur′forschung, *f.* philosophy, science
natur′gemäß, naturally
Natur′geschichte, *f.* natural history
Natur′körper, *m.* **—**, physical body
Natur′kraft, *f.* **⸚e**, force of nature
Natur′lehre, *f.* knowledge of nature, science
natür′lich, natural
Natur′philosophie′, *f.* natural philosophy
Natur′schatz, *m.* **⸚e**, natural wealth
Natur′wissenschaft, *f.* natural science
natur′wissenschaftlich, physical, scientific; philosophical
Nebel, *m.* **—**, mist, fog
neben, near, beside, besides, along with
Nebenamt, *n.* neighboring *or* branch department *or* office
nebenbei, by the way, incidentally
nebeneinander, side by side, together
nebensächlich, minor, secondary
Nebenschluß, *m.* shunt
nebst, besides, including
Neckargemünd, *village near Heidelberg*
Neckartal, *n.* Neckar valley
negativ′, negative
nehmen (nahm, genommen), to take
Neid, *m.* envy, jealousy
neigen, to incline, dip, have a liking for
Neigung, *f.* inclination, tendency
Nekrolog′, *m.* obituary
Nelke, *f.* pink (flower); clove
nennen (nannte, genannt), to name, call
Neon, *n.* neon (Ne)
Nerv, *m.* **–en**, nerve
nervenanregend, nerve-exciting
Nervensubstanz′, *f.* nerve substance
Nervensystem′, *n.* nervous system
Nerventätigkeit, *f.* nerve activity
neu, new, recent; **aufs —e**, anew, again; **von —em**, again
neuerdings, recently

Neuerung, *f.* innovation, change
neutral′, neutral, indifferent
neutralisieren, to neutralize
Ni (Nickel), nickel
nicht, not
nichtig, flimsy, invalid
nichtleuchtend, non-luminous
nichts, nothing
Nichtzuckerstoff, *m.* **–e,** non-sugar substance
Nickel, *n.* (*m.*) nickel (Ni)
Nickelchlorür′, *n.* nickel(ous) chloride ($NiCl_2$)
nie, never
nieder, low, lower, secondary; *adv.* low, down
nieder-fallen (fiel, gefallen), to fall (down)
nieder-lassen (ie, a), *refl.* to settle down, locate
Niederschlag, *m.* **⸚e,** deposit, precipitate
nieder-schlagen (u, a), to precipitate
niedrig, low
niemals, never
niemand, nobody, no one
nimmermüdeschaffend, tirelessly active
nirgends, nowhere
Nitrat′, *n.* **–e,** nitrate
nitrieren, to nitrate, nitrify
Nitroanilin′, *n.* nitro-anilin ($C_6H_4 + NH_2NO_2$), *any one of several slightly basic compounds derived from anilin by replacing one or more H atoms by one or more nitro-groups*
Nitrobenzoesäure, *f.* nitrobenzoic acid, $C_6H_5(NO_2)CO_2H$
Nitrobenzol′, *n.* nitrobenzine ($C_6H_5NO_2$)
Nitroglyzerin′, *n.* nitroglycerine ($C_3H_5N_3O_9$)
Nitrogruppe, *f.* nitro-group
Nitrophenol′, *n.* **–e,** nitrophenolate, *any nitro derivative of phenol*
Nitrosprengstoff, *m.* **–e,** nitro-explosive
Nitroverbindung, *f.* nitro-compound
Nitrozellulose, *f.* nitrocellulose, cellulose nitrate
Nizza (*Ital.*), Nice, *French city on the Mediterranean; pop.* (*1911*) *143,000*
No. (Numero), number
noch, still, yet, even; nor
nochmals, once more, again
Nordafrika, *n.* North Africa
Nordamerika, *n.* North America
normal′, normal, standard
Normal′druck, *m.* normal pressure
Normal′gas, *n.* normal gas, standard gas
Normal′zustand, *m.* **⸚e,** normal *or* standard state *or* condition
notgedrungen, forced
notieren, to note
nötig, necessary
nötigen, to oblige, compel
nötigenfalls, if necessary
Notiz′, *f.* notice, note; article
notwendig, necessary
Nr. (Numero), number
Nuance, *f.* shade, tint
nüchtern, sober, sensible
Null, *f.* zero, cipher
Nullpunkt, *m.* **–e,** zero (point)

Nullpunktskalorie′, *f.* zero calorie
nun, now, therefore
nunmehr, now
nur, only, just
nutzbringend, useful
Nutzen, *m.* use, utility; profit, advantage
nützlich, useful, advantageous

O

O, Oxygenium (Sauerstoff), oxygen
ob, whether, if
oben, above, at the top
obenan, at the top
obengenannt, above-mentioned
ober, upper, higher
Oberfläche, *f.* surface, area, outside
oberhalb, above
Oberkrume, *f.* upper soil, black earth
Oberst, *m.* **–en**, colonel
obgleich, although
obig, above(-mentioned)
Objekt′, *n.* **–e**, object
ob-liegen (a, e), to attend to, pursue; devolve upon
obschon, although
Obst, *n.* **–e**, fruit
Obstsorte, *f.* sort of fruit
obwohl, although
ockergelb, ocher yellow
oder, or
Ofen, *m.* **⸗**, stove, furnace
offen, open, public
offenbar, manifest, evident; public
offenbaren, to manifest
öffentlich, public
Öffentlichkeit, *f.* publicity, public
öffnen, to open
Öffnung, *f.* opening
oft, often; **öfter**, more *or* rather often, frequent
ohne, without
Ökonomie′, *f.* economy
ökonomisch, economic
Oktae′der, *n.* **—**, octahedron
Öl, *n.* **–e**, oil
Olein′, *n.* olein, *a colorless, oily compound,* $C_{57}H_{104}O_6$, *the chief constituent of fatty oils; also obtained from olive oil*
Oli′venöl, *n.* olive oil
Ölsorte, *f.* kind of oil; *pl.* oils
Operation′, *f.* operation
operieren, to operate
Opfer, *n.* **—**, sacrifice, victim; **— bringen**, to make a sacrifice
opfern, to sacrifice; give
Opium, *n.* opium
optisch, optical
oran′gegelb, orange-yellow
Örbyhus, *small town in southern Sweden; pop.* (*1910*) *2,200*
Orden, *m.* **—**, order, medal
ordinär′, ordinary, common
ordnen, to arrange, classify; regulate
Ordnung, *f.* order, arrangement
Organ′, *n.* **–e**, organ
organisatorisch, organizing, supervising
organisch, organic
organisieren, to organize
Organismus, *m.*, *pl.* **Organismen**, organism

Organzin′, *n.* organzine, *a kind of fine silk thread made from the best grades of raw material*
orientieren, to inform, right; **sich —**, to get one's bearings
Originalität′, *f.* originality
Orlean′, *m.* arnotta (*a yellowish-red dye*)
Orseille, *f.* archil, *a violet dye obtained from various lichens, called archils*
Ort, *m.* **–e** *or* **⸚er**, place, spot
örtlich, local
Ortschaft, *f.* place, village
Ortsveränderung, *f.* locomotion
Osmium, *n.* osmium (Os)
Osmosität′, *f.* osmosity
osmotisch, osmotic
Ost, Osten, *m.* east
Ostafrika, *n.* East Africa
Österreich, *n.* Austria
österreichisch, Austrian
Ostindien, *n.* East India, East Indies
Oxalat′, *n.* **–e**, oxalate
oxal′sauer, of *or* combined with oxalic acid, oxalate of
Oxalsäure, *f.* oxalic acid ($C_2H_2O_4$)
oxalsaurer Kalk, *m.* oxalate of lime ($C_2H_2O_4 + CaO$)
oxal′saures Ammon′ (Ammoniumoxalat′), *n.* ammonium oxalate ($C_2H_2O_4 + NH_3$)
Oxyd′, *n.* **–e**, oxide
Oxydation′, *f.* oxidation
Oxydations′mittel, *n.* **—**, oxidizing agent
Oxydations′produkt′, *n.* **–e**, oxidation product
Oxydations′prozeß′, *m.* oxidation process
Oxydation′stufe, *f.* stage *or* degree of oxidation
oxydieren, to oxidize
Oxyd′schicht, *f.* layer of oxide
Oxydul′, *n.* lower (*or* -ous) oxide
Ozean′, *m.* ocean
Ozon, *n.* ozone (O_3)

P

P, Phosphor, phosphorus
Paar, *n.* pair, couple; **ein paar**, a few
paaren, to join, unite
Pädagog′, *m.* **–en**, pedagogue, educator
Paket′, *n.* **–e**, packet, parcel, bundle
Palladium, *n.* palladium (Pd)
Palladiumblech, *n.* palladium plate
Palmfett, *n.* palm oil
Palmkernfett, *n.* palm oil
Papier′, *n.* **–e**, paper
Papier′brei, *m.* paper pulp
Papier′fabrik′, *f.* paper mill
Papier′fabrikant′, *m.* **–en**, paper manufacturer
Papier′fabrikation′, *f.* paper manufacture *or* making
Papier′sorte, *f.* sort *or* grade of paper
Papier′untersuchung, *f.* paper investigation *or* analysis
Paraffin′, *n.* paraffin
paralysieren, to paralyze
Paranitranilin′, *n.* paranitraniline, *a yellow, crystalline compound, a nitro derivative of aniline*
Partei′, *f.* part, party

Partie′, *f.* part, batch
Passau, *city in Bavaria, pop.* (*1910*) *21,000*
Paßberg, Passberg, *small Swedish city*
passen, to harmonize, blend, suit; **—d**, suitable, timely, fitting
passieren, to pass (through)
passiv′, passive
Patriarch′, *m.* **–en**, patriarch
patriotisch, patriotic
Patriotis′mus, *m.* patriotism
Pb, **Plumbum** (Blei), lead
peinlich, painful; scrupulous
Pennsylvanien, *n.* Pennsylvania
Pergament′, *n.* **–e**, parchment, vellum
Pergament′ersatz, *m.* **¨e**, parchment substitute
pergamentieren, to parchmentize
Pergament′papier′, *n.* parchment *or* vellum paper
Perio′de, *f.* period
periodisch, periodic(al)
permanent′, permanent
Permanganat′, *n.* permanganate, *any salt of permanganic acid* ($HMnO_4$)
Peroxyd′, *n.* peroxide
Person′, *f.* person
persönlich, personal
Persönlichkeit, *f.* personality
Petersilie, *f.* parsley
Petroleumglühlicht, *n.* petroleum incandescent light
Pfadfinder, *m.* **—**, pathfinder
Pfeffer, *m.* **—**, pepper
Pfg. (**Pfennig**), pfennig, *about ¼ cent*
Pflanze, *f.* plant
Pflanzenernährung, *f.* plant nutrition
Pflanzenfarbe, *f.* vegetable color
Pflanzenfaser, *f.* plant *or* vegetable fiber
Pflanzenkörper, *m.* **—**, plant body
Pflanzenkost, *f.* vegetable diet, plant food
Pflanzennährstoff, *m.* **–e**, plant food *or* nutrient
Pflanzennahrungsmittel, *n.* **—**, vegetable food
Pflanzenreich, *n.* vegetable kingdom
Pflanzenteil, *m.* **–e**, plant-part, part of a plant
Pflanzenwachstum, *n.* plant growth
Pflanzenwelt, *f.* vegetable *or* plant world
pflanzlich, plant, vegetable
Pflege, *f.* fostering, cultivation
pflegen, to be accustomed, be wont
Pflugtiefe, *f.* plough(ing) depth
Pfund, *n.* **–e**, pound
Phänomen, *n.* **–e**, phenomenon
phantasie′reich, imaginative
phantasie′voll, imaginative, fanciful
Pharmazeut′, *m.* **–en**, pharmacist
pharmazeutisch, pharmaceutical
Pharmazie′, *f.* pharmacy
Phase, *f.* phase, stage
Phenol′, *n.* **–e**, phenol, carbolic acid (C_6H_5OH)
Phlogistiker, *m.* **—**, adherent to the phlogiston theory

phlogistisch, phlogistic
Phlo'giston, *n.* phlogiston
Phlogistonlehre, *f.* phlogiston theory
Phlogistontheorie', *f.* phlogiston theory
Phloroglucin', *n.* phloroglucin, sweet phloretin, $C_6H_3(OH)_3$, *a sweet, white, crystalline substance obtained by decomposition of phloretin, certain resins, etc.*
Phonograph', *m.* **–en,** phonograph
Phosphat', *n.* **–e,** phosphate
Phosphat'lager, *n.* **—,** phosphate bed
Phosphor, *m.* phosphorus (P)
Phosphorgehalt, *m.* phosphorous content
phosphorhaltig, containing phosphorus, phosphatic
Phosphorpentachlorid', *n.* phosphorous pentachloride (PCl_5)
Phosphorpentoxyd', *n.* phosphorous pentoxide (P_2O_5)
Phosphorsäure, *f.* phosphoric acid (H_3PO_4)
phosphorsaures Natrium (Natriumphosphat'), *n.* sodium phosphate ($Na_2HPO_4 + 12H_2O$)
Phosphorvergiftung, *f.* phosphorous poisoning
Phosphorzündholz, *n.* **⸚er,** phosphorous match
Photographie', *f.* photography
Physik, *f.* physics
physikalisch, physical
Physiker, *m.* **—,** physicist
Physiologie', *f.* physiology
physiologisch, physiological
physisch, physical
Pigment', *n.* **–e,** pigment, dye
Pigment'farbstoff, *m.* **–e,** pigment dye
Pikrin'säure, *f.* picric acid ($C_6H_3N_3O_7$)
Pionier', **–e,** pioneer; engineer
Plan, *m.* **⸚e,** plan, project
planmäßig, systematic
plastisch, plastic
Platin, *n.* platinum (Pt)
Platinchlorid', *n.* platinic chloride ($PtCl_4$)
Platindeckel, *m.* **—,** platinum lid
platinhaltig, containing platinum, platiniferous
Platiniridium, *n.* platiniridium, *an alloy of platinum and iridium*
Platinmetall', *n.* **–e,** platinum metal, metal of the platinum group
Platinschale, *f.* platinum dish *or* bowl
Platinschwamm, *m.* platinum sponge
Platinspatel, *m.* platinum spatula
Platinverbindung, *f.* platinum compound
Plättchen, *n.* **—,** small *or* thin plate, platelet
Platte, *f.* plate, slab
Platz, *m.* **⸚e,** place, room, square, seat
plötzlich, sudden
pneumatisch, pneumatic
Pol, *m.* **–e,** pole
Polen, *n.* Poland
polieren, to polish

Politik′, *f.* politics, policy
politisch, political
politur′fähig, capable of being polished
polymorph′, polymorphous, multiform
Polytechniker, *m.* —, polytechnician
polytechnisch, polytechnic
Pore, *f.* pore
porös′, porous
Portion′, *f.* portion, part
Portugal, *n.* Portugal
Porzellan′schale, *f.* porcelain dish
Porzellan′tiegel, *m.* —, porcelain crucible
positiv′, positive
Pottasche, *f.* potash, potassium carbonate (K_2CO_3)
Prachtbau, *m.* **–bauten**, magnificent building
prachtvoll, magnificent, splendid
prägbar, capable of being stamped *or* coined
praktisch, practical
Präparat′, *n.* **–e**, preparation, compound
Präposition′, *n.* preposition
Präsident′, *m.* –en, president
Praxis, *f.* practice, utility; theory
Präzipitat′, *n.* **–e**, precipitate
Prediger, *m.* —, minister
Preis, *m.* **–e**, price, cost
pressen, to press, squeeze
Pressung, *f.* pressure
preußisch, Prussian
Prinzip′, *n.* **–ien**, principle
prinzipiell′, principal, important
Prisma, *n.*, *pl.* **Prismen**, prism
prismatisch, prismatic
Privat′assistent′, *m.* private assistant
Privat′dozent′, *m.* **–en**, unsalaried lecturer of a German university, tutor
Privat′laboratorium, *n.* private laboratory
pro, for; per
Probe, *f.* sample, specimen
Probeentnahme, *f.* taking *or* securing of a sample
Probenahme, *f.* securing of a sample *or* specimen
Probeziehen, *n.* securing of a sample
Probenziehung, *f.* securing of a specimen, extracting of a sample
Probier′röhrchen, *n.* —, small test tube
Problem′, *n.* **–e**, problem
Produkt′, *n.* **–e**, product
Produktion′, *f.* production, output
produzieren, to produce
Professor, *m.* **–en**, professor
Professur′, *f.* professorship; **ordentliche —**, full professorship
profitieren, to profit
Programm′, *n.* **–e**, program
promovieren, to graduate, confer a degree upon; take a doctor's degree
Proportion′, *f.* proportion
proportional′, proportional
Proportions′lehre, *f.* theory of proportion
Proteïd′, *n.* **–e**, proteid
Protoplasma, *n.* protoplasm

Proz., Prozent′, *n.* **–e**, per cent
prozentig (*adj.*), percent
Prozeß′, *m.* **–e**, process
prüfen, to test, examine
Prüfung, *f.* examination, testing, assay
Prunk, *m.* splendor, pomp
Pt (Platin′), platinum
Publikations′organ′, *n.* organ of publication
Publikum, *n.* public, the public at large
publizieren, to publish
Puddeleisen, *n.* puddled iron
puddeln, to puddle
Puddelprozeß′, *m.* **–e**, puddling process
Puddelstahl, *m.* puddled steel
Pultrost, *m.* **–e**, desk *or* back-flame grate
Pulver, *n.* —, powder
Pulverdarstellung, *f.* manufacture of powder
pulverig, powdery
pulverisieren, to pulverize
pulvern, to pulverize, powder
Pumpbrunnen, *m.* —, pump-well
pumpen, to pump
Punkt, *m.* **–e**, point
pyrami′denartig, pyramidal
Pyrit′, *m.* pyrite (FeS_2), *a metallic, pale-yellow iron disulphide*
Pyrogallol, *n.* pyrogallol, *a poisonous, white, crystalline substance,* $C_6H_3(OH)_3$, *obtained chiefly by the action of heat on gallic acid; used largely as a developer in photography and in making dyes*
Pyromorphit′, *m.* pyromorphite, $(PbCl)Pb_4(PO_4)_3$, *a native chloride and phosphate of lead*
pyrophosphorsaure Magnesia, *f.* (**Magnesiapyrophosphat′**), pyrophosphate of magnesia ($H_4P_2O_7 + MgO$)

Q

qcm. (**Quadrat′zentimeter**), square centimeter
qualitativ′, qualitative
Quantenhypothe′se, *f.* quantum hypothesis
Quantität′, *f.* quantity
quantitativ′, quantitative
Quantivalenz′, *f.* valence of quantity, quantum hypothesis
Quantum, *n.*, *pl.* **Quanten**, quantity
quarternär′, quarternary
Quarz, *m.* quartz (SiO_2)
Quarzsand, *m.* quartz sand, arenacious quartz
Quecksilber, *n.* quicksilver, mercury (Hg)
Quecksilberchlorür′, *n.* mercurous chloride, calomel (HgCl)
Quecksilberdampf, *m.* **⸗e**, mercury vapor
Quecksilbererz, *n.* **–e**, mercury ore
Quecksilberjodid′, *n.* mercuric iodid (HgJ_2)
Quecksilberlampe, *f.* mercury lamp
Quecksilberluftpumpe, *f.* mercury pneumatic pump
Quecksilberoxyd′, *n.* mercuric oxide (HgO)

Quecksilberoxydchlorid′, *n.* mercuric oxychloride ($HgOCl_2$)
Quecksilbersäule, *f.* column of mercury
Quelle, *f.* source, spring, well
quellen (o, o), to swell, spring; soak, steep
Quellwasser, *n.* spring water
Querschnitt, *m.* **–e**, cross section
Querzitron′, *n.* quercitron; (*a*) *a species of oak;* (*b*) *a yellow dyestuff consisting of the crushed inner bark*
Quotient′, *n.* **–en**, quotient

R

Raffinerie′, *f.* refinery
raffinieren, to refine; **raffiniert**, cunning, ingenious
Rahmen, *m.* **—**, frame; domain
Ramie′, *f.* ramie, *a fibrous plant*
rasch, quick, rapid, hasty
Rasenbleiche, *f.* grass *or* sun bleaching
rastlos, indefatigable
Rat, *m.* advice
rationell′, rational
rauben, to rob, deprive
Rauch, *m.* smoke, fume
Rauchbildung, *f.* smoke formation
rauchen, to smoke, fume
Rauchentwickelung, *f.* evolution *or* development of smoke
rauchfrei, free of smoke, smokeless
rauchlos, smokeless
rauchschwach, giving little smoke, smokeless
rauh, rough
Raum, *m.* **⸗e**, space, room
Rauminhalt, *m.* **–e**, volume
Raumverminderung, *f.* diminution of volume
Reagens′, *n.*, *pl.* **Reagenzien**, reagent
Reagens′rohr, *n.* **–e**, test tube
reagieren, to react
Reaktion′, *f.* reaction; effect, result
reaktions′fähig, capable of reacting, reactive
Reaktions′fähigkeit, *f.* capability of reacting, reactivity
Reaktions′gleichung, *f.* equation of reaction
realisie′ren, to realize, attain
Rechenschaft, *f.* account; **— geben**, to account for *or* to
rechnen, to reckon, compute, consider
Rechnenverfahren, *n.* mathematical process
Rechnung, *f.* computation, calculation; **etwas — tragen**, accommodate oneself to something, give consideration to
recht, right; *adv.* quite, very
Recht, *n.* **–e**, right; justice
rechts, to the right
Redakteur′, *m.* **–e**, editor
Redaktion′, *f.* editing
Rede, *f.* speech, talk, question, discourse
reden, to speak, talk
Reduktion′, *f.* reduction
Reduktions′mittel, *n.* **—**, reducing agent
Reduktions′prozeß′, *m.* **–e**, reduction process
Reduktions′vermögen, *n.* reduction power

reduzieren, to reduce
Referat′, *n.* **–e,** report
Reform′, *f.* reform
Reform′bestrebung, *f.* reformatory effort
rege, active, lively
Regel, *f.* rule; **in der —,** as a rule
regelmäßig, regular
Regelmäßigkeit, *f.* regularity
regeln, to regulate, arrange
Regen, *m.* rain
Regenerativefeuerung, *f.* regenerative firing *or* furnace
Regenerativ′ofen, *m.* **⸗,** regenerating furnace
Regenwasser, *n.* rain water
Regierung, *f.* government
Regierungslaboratorium, *n.* government laboratory
regsam, active, keen
regulär′, regular, normal
Regulierung, *f.* regulation
reibecht, not deteriorating in color when rubbed or worn
reiben (ie, ie), to rub, grind
Reibfläche, *f.* friction-surface
Reibung, *f.* friction
reich, rich, abundant
Reich, *n.* **–e,** empire, realm
reichen, to reach, extend
reichhaltig, rich, abundant
reichlich, abundant, profuse, full
Reif, *m.* **–e,** frost
reifen, to ripen, mature
Reihe, *f.* row, series; long line; rank
rein, pure, clean
Reindarstellung, *f.* preparation in a pure condition, purification
Reinheit, *f.* purity, pureness
reinigen, to clean, cleanse, purify
Reinigung, *f.* cleaning, purification
Reinzucker, *m.* pure sugar
Reis, *m.* rice
Reise, *f.* journey, trip
Reißblei, *n.* graphite, black lead
reißen (i, i), to tear; draw, drag
Reiz, *m.* **–e,** excitement, irritation; charm
reizen, to excite, tempt, irritate
reizvoll, fascinating
relativ′, relative
Rendsburg, *city in Schleswig-Holstein; pop. (1910) 18,000*
reorganizieren, to reorganize
repräsentieren, to represent
resorbieren, to resorb, reabsorb
Resorzin′, *n.* resorcin ($C_6H_6O_2$), *a colorless, crystalline substance of the phenol series, used in making certain dyestuffs*
resp. (**respektiv′**), respectively, or
Rest, *m.* **–e,** rest, remains, remainder, residue
restlos, entirely
Resultat′, *n.* **–e,** result, answer
Retorte, *f.* retort
Revolution′, *f.* revolution
Rheinpfalz; *Bavaria consists of two isolated portions, the smaller of which, lying to the west, is called Pfalz (Rheinpfalz) or, in English, Rhenish Bavaria or the Palatinate*

rhomb (**rhombisch**), rhombic
rhombisch, rhombic
rhomboe'drisch, rhombohedral
richten, to direct; **sich** —, act, vary; **zu Grunde** (*or* **zugrunde**) —, ruin
richtig, right, correct, proper
Richtung, *f.* direction; line, course, tendency; respect
Ricinusöl, *n.* (**Rizinusöl**), castor oil
riechen (o, o), to smell; **—d,** smelling, odoriferous
Riese, *m.* **–n,** giant, monster
riesig, gigantic, monstrous
Rinde, *f.* rind, crust
Rindfleisch, *n.* beef
Rindstalg, *m.* beef tallow
Ring, *m.* **–e,** ring
Ringbrenner, *m.* round burner
ringen (a, u), to wrestle, struggle
ringförmig, ring-shaped, cyclic
ritzen, to slit, scratch
Roggenbrot, *n.* rye bread
Roggenmehl, *n.* rye flour
roh, raw, crude, rough
Rohblei, *n.* crude lead
Roheisen, *n.* crude iron, pig iron
Roheisenproduktion', *f.* crude iron output
Roheisensorte, *f.* sort of crude iron
Rohquecksilber, *n.* crude mercury
Rohr, *n.* **–e,** tube, pipe; reed, cane
Röhrchen, *n.* **—,** small tube
Röhre, *f.* pipe, tube
Rohrzucker, *m.* cane sugar
Rohschwefel, *m.* crude sulphur
Rohseide, *f.* raw silk
Rohstoff, *m.* **–e,** raw *or* crude material
Rohzucker, *m.* raw *or* unrefined sugar
Rolle, *f.* roll, pulley; rôle, part
römisch, Roman
Rosanilin', *n.* rosaniline, triphenylmethane, $C_{20}H_{21}N_3O$, *a colorless, crystalline substance which forms red salts, which are essential components of many aniline dyes, as fuchsine, aniline red, etc.*
Roseo-Purpureoverbindung, *f.* roseo-purpureo compound (*belonging to the pentammine series of the cobalt ammine salts*)
Rose-Tiegel, *m.* Rose crucible (*named after its inventor, Heinrich Rose*)
Roßhaar, *n.* horse-hair
Rost, *m.* **–e,** rust; grate
rosten, to rust, oxidize
rösten, to roast, toast
rot, red
Rot, *n.* red
Rotbleierz, *n.* red lead ore, crocoite
rotbraun, red-brown
Roteisenerz, *n.* red iron ore, hematite (Fe_2O_3)
röten, to redden
Rotfärberei', *f.* red-dyeing
Rotglut, *f.* red heat
Rotholz, *n.* **⸗er,** red-wood
rotieren, to rotate
rötlich, reddish
Rotwein, *m.* red wine
Rouen, *city in northwestern France; pop.* (*1911*) *126,000*

Rübe, *f.* beet, turnip, carrot (**rote, weiße, gelbe Rüben**)
Rübenzucker, *m.* beet sugar
Rückbildung, *f.* reconstruction
rückhaltlos, without reserve, openly
Rückkehr, *f.* return
Rücksicht, *f.* regard, consideration; **auf etwas — nehmen,** to have consideration for
rücksichtslos, inconsiderate
Rückstand, *m.* ⸚**e,** residue, remains
Ruf, *m.* **–e,** cry, call; summons, appointment; reputation
rufen (ie, u), to call, summon, shout
Ruhe, *f.* rest, quiet, repose
Ruhelage, *f.* position of rest, equilibrium
ruhen, to rest, be quiet; lie
ruhig, quiet, still, peaceful
Rührapparat′, *m.* stirring apparatus, agitator
rühren, to stir, beat; **daher —,** arise from this
rührend, touching, pathetic
Rundbrenner, *m.* round burner
Runkelrübe, *f.* beet
Ruß, *m.* soot
rußen, to blacken (with soot), produce soot, smoke
Rußflocke, *f.* soot flake
Rußland, *n.* Russia
rütteln, to jar, jolt, shake

S

s. (**sieh**), see; **s. unten,** see below
S (**Schwefel**), sulphur
S. (**Seite**), page
Saccharat′, *n.* **–e,** saccharate
Sache, *f.* matter, thing, affair
Sachsen, *n.* Saxony (*kingdom of Germany*)
Sachverständiger, *m., pl.* **-verständige,** expert, authority
Safflor′, *m.* safflower
Saft, *m.* ⸚**e,** sap, juice, liquid
sagen, to say, tell
St. Gallen, St. Gall, *city in Switzerland; pop.* (*1910*) *34,000*
St. Leonard, *city in central France; pop.* (*1910*) *6,000*
St. Sebastian, *city in Spain; pop.* (*1910*) *40,000*
Salbe, *f.* salve, ointment
Salbei′, *f.* sage
Salmiak, *m.* sal ammoniac, ammonium chloride (NH_4Cl)
Salmiakgeist, *m.* aqueous ammonia
Salpeter, *m.* saltpeter, niter (KNO_3)
Salpetersäure, *f.* nitric acid (HNO_3)
Salpetersäureester, *m.* nitric ester
Salpetersäureglyzerin′ester, *m.* nitroglycerine ester
salpetersaures Silber, silver nitrate ($AgNO_3$)
Salpetersäureverbindung, *f.* nitric acid compound
salpetrige Säure, *f.* nitrous acid (HNO_2)
salpetrigsaures Kali (**Kaliumnitrit**), *n.* potassium nitrite (KNO_2)
Salz, *n.* **–e,** salt
salzartig, salt-like, saline
Salzburg, *city in Austria; pop.* (*1910*) *35,000*
Salzfarbe, *f.* salt dye

Salzgehalt, *m.* salt content
Salzlösung, *f.* salt solution
salzsauer, hydrochloric, muriatic
Salzsäure, *f.* hydrochloric (muriatic) acid (HCl)
salzsäurehaltig, containing hydrochloric acid
Samarskit', *n.* samarskite (*after Samarski, a Russian chemist; used as a source of thorium oxide in incandescent gas mantles*)
Samen, *m.* —, seed
Samenfaser, *f.* seed fiber
Sämerei', *f.* seeds, (different kinds of) grain
Sammelgefäß, *n.* –e, collecting vessel, receptacle
sammeln, to gather, collect, accumulate
Sammelstätte, *f.* gathering-place, rendezvous
Sammlung, *f.* collection
sämtlich, all, all together, complete
Sand, *m.* sand
Sandbad, *n.* sand bath
sandig, sandy
Sandstein, *m.* sandstone
Sarkin', *n.* sarkin, hypoxanthin, *a crystalline, nitrogenous substance* ($C_6H_4ON_4$), *found principally in muscle*
sättigen, to saturate, satisfy
Sättigung, *f.* saturation
Saturation', *f.* saturation
Satz, *m.* ⸗e, principle, proposition, saying, sentence
sauber, clean
Sauberkeit, *f.* cleanliness
sauer, sour, acid, tart
Sauerstoff, *m.* oxygen (O)
sauerstoffarm, poor in oxygen
sauerstoffhaltig, oxygenated, oxidized
sauerstoffreich, rich in oxygen
Sauerstoffverbindung, *f.* oxygen compound
Sauerstoffzufuhr, *f.* addition of oxygen
Sauerstoffzutritt, *m.* admission of oxygen
saugen (o, o), to suck
Säule, *f.* column, pillar
Säure, *f.* acid
Säureanhydrid', *m.* –e, acid anhydride
Säurebezeichnung, *f.* acid designation
Säurerest, *m.* –e, acid residue
saures Kalziumsulfit, *n.* acid calcium sulphite ($CaHSO_3$)
Sb, Stibium (Antimon), *n.* antimony
Schacht, *m.* –e, shaft, pit
schädlich, injurious, noxious
schaffen (schuf, geschaffen; *also weak*), to create, produce, make, do; procure; bring
Schale, *f.* dish, bowl, pan, shell
schalkhaft, sly, cunning
Schande, *f.* shame, disgrace
scharf, sharp, keen
scharfsinnig, ingenious
Scharlach, *m.* scarlet
Schatten, *m.* shade
schätzen, to esteem, estimate, value
schaudern, to shudder
Schauer, *m.* —, fear, spasm
schäumen, to foam, fizz
schaumig, foamy, frothy

Schauspielertruppe, *f.* company of actors
Scheidung, *f.* separation; decomposition
Schein, *m.* appearance
scheinen (ie, ie), to shine; seem, appear
schenken, to present, give
Scherz, *m.* –e, joke
Schicht, *f.* layer, stratum; rank
schichten, to arrange in layers, pile
schicken, to send
schicksalsreich, eventful, adventurous
schieferig, slaty, slate-like
Schieferschicht, *f.* slate stratum
Schiene, *f.* rail; bar
Schießbaumwolle, *f.* guncotton
schießen (schoß, geschossen), to shoot
Schießpulver, *n.* —, gunpowder
Schießpulvermischung, *f.* gunpowder mixture
Schießrohr, *n.* –e, gun
Schiffsschraube, *f.* boat propeller, screw (propeller)
schildern, to describe, portray
Schilderung, *f.* description
Schimmer, *m.* shimmer, glimmer
Schlacke, *f.* slag, cinder, dross
schlackenfrei, slag-free, free of dross
Schlag, *m.* ⸚e, blow, stroke
schlagen (u, a), to strike, beat, kick; churn; defeat
Schlamm, *m.* mud, silt, slime
schlammig, muddy
Schlammmasse, *f.* slimy mass
Schlangenkühler, *m.* spiral *or* coil condenser
schlecht, bad, poor, miserable
schlechtweg, simply, merely
schleichen (i, i), to sneak, creep; —**des Gift,** slow poison
schleifen (schliff, geschliffen), to grind, polish, whet
Schlempe, *f.* slops, spent wash (*residual liquid from distillation of alcoholic liquors*)
Schlempekohle, *f.* carbon obtained from distiller's wash
schlicht, plain, simple
Schlichtheit, *f.* plainness, simplicity
schließen (o, o), to close, shut, lock, embrace, conclude, bind; draw a conclusion
schließlich, final, conclusive, ultimate
schlingen (a, u), to sling, wind
Schlitz, *m.* –e, slit
Schluß, *m.* ⸚e, close, conclusion; deduction
schmecken, to taste
schmelzbar, fusible
Schmelzbarkeit, *f.* fusibility
schmelzen (o, o), to melt, fuse
Schmelzprozeß′, *m.* –e, melting *or* smelting process
Schmelzpunkt, *m.* –e, melting-point, fusing-point
Schmelztemperatur′, *f.* fusing temperature
Schmelztiegel, *m.* —, crucible
schmiedbar, malleable, forgeable
Schmiedeeisen, *n.* malleable *or* wrought iron

Schmiedeeisenabfall, *m.* ⸗e, wrought iron refuse
schmieden, to forge, smith
schmierig, greasy, oily, viscous
Schmuckstoff, *m.* –e, finery, adornment
Schneckenbohrer, *m.* screw auger
Schnee, *m.* snow
Schneefall, *m.* ⸗e, snow storm
Schneide, *f.* knife-edge
schneiden (schnitt, geschnitten), to cut, carve
schnell, fast, quick
Schnellot, *n.* soft solder
Schnittbrenner, *m.* slit burner
Schnittfläche, *f.* surface cut, sectional plane
Schnitzel, *n.* —, slice, scrap
Schnitzelpresse, *f.* scrap press
scholastisch, scholastic
schon, already, even, indeed
schön, beautiful, fine
Schönheit, *f.* beauty
schöpfen, to draw, dip, scoop
Schöpfsieb, *n.* –e, scoop sieve
Schottland, *n.* Scotland
schräg, oblique, slanting, inclined
schreiben (ie, ie), to write
Schreibmaschine, *f.* typewriter
Schreibweise, *f.* manner of writing
Schreibzweck, *m.* –e, writing purpose, object in writing
Schrift, *f.* writing; paper, article
Schriftsteller, *m.* —, writer, author
Schritt, *m.* –e, step, pace
schroff, harsh, abrupt
Schrot, *m.* ⸗e, shot
Schubfach, *n.* ⸗er, drawer
Schuld, *f.* debt, fault; **schuld an etwas sein,** to be the cause of, be to blame for
schulden, to owe, be indebted
schuldig, in debt; — **sein,** to owe
Schule, *f.* school; **hohe** —, university
schulen, to school, train
Schüler, *m.* —, pupil; scholar
Schulmeister, *m.* —, schoolmaster, teacher
Schulzeit, *f.* school days
schütteln, to shake
Schutz, *m.* protection
Schutzdach, *n.* roof, open shed
schützen, to protect, preserve
schwach, weak, feeble, slight
schwängern, to impregnate
schwanken, to fluctuate, vary, range
schwarz, black
schwarzbraun, black-brown
schwärzen, to blacken
schwarzglänzend, lustrous black
Schwarzpulver, *n.* black powder, gunpowder
schwarzrot, black-red
Schweden, *n.* Sweden
schwedisch, Swedish
Schwefel, *m.* sulphur (S)
Schwefelantimon′, *n.* antimony sulphide (Sb_2S_3)
Schwefelblei, *n.* lead sulphide (PbS)
Schwefelblumen, *f. pl.* flowers of sulphur
Schwefeldioxyd′, *n.* sulphur dioxide (SO_2)
Schwefeleisen, *n.* iron sulphide (FeS)

Schwefelfarbstoff, *m.* –e, sulphur dye
schwefelhaltig, containing sulphur, sulphurous
Schwefelkies, *m.* iron pyrites (FeS_2)
Schwefelkohlenstoff, *m.* carbon disulphide (CS_2)
Schwefelmenge, *f.* amount of sulphur
Schwefelmetall', *n.* –e, metallic sulphide
Schwefelnatrium, *n.* sodium sulphide (Na_2S)
Schwefelquelle, *f.* sulphur spring
Schwefelsäure, *f.* sulphuric acid (H_2SO_4)
Schwefelsäurefabrikation', *f.* manufacture of sulphuric acid
Schwefelsäurerest, *m.* –e, sulphuric acid residue
schwefelsaures Eisenoxyd' (Ferrisulfat'), *n.* ferric sulphate, $Fe_2(SO_4)_3$
schwefelsaures Eisenoxydul' (Ferrosulfat'), *n.* ferrous sulphate ($FeSO_4$)
schwefelsaures Natrium (Natriumsulfat'), *n.* sodium sulphate (Na_2SO_4)
schwefelsaures Salz, *n.* –e, sulphate salt
Schwefelschicht, *f.* layer of sulphur
Schwefelwasserstoff, *m.* hydrogen sulphide (H_2S)
schweflige Säure, *f.* sulphurous acid (H_2SO_3)
schwefligsaurer Kalk, *m.* calcium sulphite ($CaSO_3$)
schwefligsaures Natrium (Natriumsulfit'), *n.* sodium sulphite (Na_2SO_3)
Schweinefleisch, *n.* pork
Schweineschmalz, *n.* lard
schweißbar, weldable
Schweißbarkeit, *f.* weldability
Schweißeisen, *n.* weld iron
Schweißeisenwerke, *n. pl.* weld iron works
Schweißglut, *f.* welding heat
Schweißstahl, *m.* weld steel
Schweißung, *f.* welding
Schweiz (die), Switzerland
Schweizer, *m.* —, Swiss
schweizerisch, Swiss
Schwellung, *f.* swelling
Schwemmland, *n.* alluvial land
schwer, heavy, difficult, severe; *adv.* with difficulty
schwerbeweglich, slightly movable; viscous
schwerlich, hardly, with difficulty
Schwermetall', *n.* –e, heavy metal
Schwerpunkt, *m.* center of gravity
Schwerspat, *m.* heavy spar, barite ($BaSO_4$)
schwerwiegend, weighty
schwierig, difficult, hard
Schwierigkeit, *f.* difficulty
schwimmen (a, o), to swim, float
schwinden (a, u), to vanish, disappear
Schwingung, *f.* oscillation, vibration
schwingungsfähig, vibratory
Se (Selen), selenium
Sechstel, *n.* —, sixth

sechswertig, hexavalent
sechzig, sixty
Seeküste, *f.* sea coast
Seewasser, *n.* sea water
segensreich, blessed
sehen (a, e), to see
Sehkraft, *f.* sight, vision
sehr, very
Seide, *f.* silk
Seidenfaden, *m.* ⸚, silk thread *or* fiber
Seidenfärberei, *f.* silk dyeing
Seidenfarbstoff, *m.* **–e,** silk dyestuff
Seidenfaser, *f.* silk fiber
Seife, *f.* soap
seifenecht, soap-fast (*not deteriorating when washed with soap*)
Seifenherstellung, *f.* soap manufacture
Seifenleim, *m.* soap glue *or* paste
Seifenlösung, *f.* soap solution
Seifenpulver, *n.* soap powder
Seifenwasser, *n.* soap suds
sein, seine, sein, his, its
sein (war, gewesen), to be
seinerseits, for its part, of itself
seit, *prep. and conj.* since
seitdem, *adv.* since then; *conj.* since
Seite, *f.* side, page
seither, since that time
Sekretär′, *m.* **–e,** secretary
Sekretion′, *f.* secretion
sektirisch, sectarian
selber, self
selbst, *pro.* self; *adv.* even; **es versteht sich von —,** it is self-understood, it is obvious
selbständig, independent
Selbständigkeit, *f.* independence
Selbstbewußtsein, *n.* self-consciousness, arrogance
Selbstreinigung, *f.* self-purification, autopurification
selbstverständlich, self-understood, obvious, of course
Selen′, *n.* selenium (Se)
selten, rare, unusual; *adv.* seldom
seltsam, singular, strange
Semester, *n.* **—,** semester
Sendung, *f.* sending, shipment
Senf, *m.* mustard
Senior, *m.* senior; oldest, chairman
Senkgrube, *f.* cesspool, drain
senkrecht, vertical, perpendicular
sentimental′, sentimental
setzen, to set, place, put; set up, compose
Setzer, *m.* **—,** compositor
Setzmaschine, *f.* composing-machine, linotype
Si, Silizium (Kiesel), silicon, flint
Siberien, *n.* Siberia
sich, self, selves, each other; **für —,** in and of itself, independently
sicher, sure, secure, certain
Sicherheit, *f.* safety, certainty
Sicherheitssprengstoff, *m.* **–e,** safety explosive
Sicherheitszündholz, *n.* **⸚er,** safety match
sicherlich, certainly
sichern, to secure, ensure, assure

sichtbar, visible
sichtlich, evident, obvious
Sieb, *n.* **–e,** sieve, screen, strainer
sieben, to sift, sieve, screen
sieben, seven
siebenmal, seven times
siebzig, seventy; **die —er Jahre,** the seventies
Siebziger, *m.* man seventy or more years old
sieden (sott, gesotten; *also conjugated weak*), to boil
Siedepunkt *m.* **–e,** boiling point
Siedetemperatur′, *f.* temperature of boiling, boiling temperature
Siegel, *n.* **—,** seal
Silbe, *f.* syllable
Silber, *n.* silver (Ag)
silberähnlich, silver-like, silvery
silberglänzend, silvery
silberweiß, silver-white
Silikat′, *n.* **–e,** silicate
Silizium, *n.* silicon (Si)
Siliziumdioxyd′, *n.* silicon dioxide (SiO_2)
sinken (a, u), to sink, fall
Sinn, *m.* **–e,** sense, intelligence, mind; idea, import; view
sinnenfällig, perceptible, evident
sinnreich, ingenious
Sirokko, *m.* sirocco (*hot southeast wind on the Mediterranean*)
Sirokko-Staub, *m.* sirocco dust
Sirup, *m.* **–e,** syrup
Sitz, *m.* **–e,** seat, place
sitzen (saß, gesessen), to sit; be, stay
Sizi′lien, *n.* Sicily
Skala, *f.* **–s,** scale
Skandinavien, *n.* Scandinavia
Skizze, *f.* sketch
skizzieren, to sketch
smaragdgrün, emerald green
Sn (**Zinn**), tin
so, so, therefore, as, thus
sobald, as soon as
Soda, *f.* soda, sodium carbonate (Na_2CO_3)
Sodafabrik′, *f.* soda factory, alkali works
Sodafabrikation′, *f.* soda manufacture
Sodakristall′, *m.* **–e,** soda crystal
sodann, then
Sodastäbchen, *n.* **—,** stick of soda
soeben, just, just now
Sofa, *n.* **–s,** sofa
sofern, so far as
sofort, immediately, at once
sog. (**sogenannt**), so-called
sogar, even
sogen. (**sogenannt**), so-called
sogenannt, so-called
sogleich, at once, immediately
Sohn, *m.* **⸗e,** son
solange, as long as
Solaröl, *n.* solar oil
solcher, solche, solches, such, such as
Sole, *f.* brine, salt spring
sollen (sollte, gesollt), should, ought, to be required to; be reported
somit, hence, therefore
Sommer, *m.* **⸚,** summer
Sommerresidenz′, *f.* summer resort

sonach, accordingly, so
sonderlich, extraordinary, particular
sondern, but
Sonne, *f.* sun
Sonnenlicht, *n.* sunlight
sonst, otherwise, else; formerly
sonstig, other
sorgen, to provide, care
Sorgfalt, *f.* care, application, great pains
sorgfältig, careful
sorgsam, careful, attentive
soviel, so much, as much
soweit, so far (as)
sowie, as well (as), as soon as
sowohl . . . als (**wie**), as well . . . as, both . . . and
spaltbar, cleavable, fissible
spalten (spaltete, gespaltet *or* gespalten), to split, divide, disintegrate
Spaltöffnung, *f.* fissure, slit
Spanien, *n.* Spain
Spanne, *f.* span; — **Zeit,** period of time
Spannung, *f.* tension, stress
spärlich, sparse, scanty
sparsam, economical, frugal
spät, late
Spateisenstein, *m.* spathic iron ore, siderite ($FeCO_3$)
späterhin, later on
Speise, *f.* food, nourishment
speisen, to feed
Spektral′analy′se, *f.* spectral analysis
spektrochemisch, spectrochemical
Spektroskop′, *n.* spectroscope
Spektroskopie′, *f.* spectroscopy
spektroskopisch, spectroscopic
Spektrum, *n.*, *pl.* **Spektra,** spectrum
Spekulation′, *f.* speculation; guesswork
spekulativ′, speculative, theoretical
spenden, to give
Speyer, *city on the Rhine, capital of the Palatinate, Bavaria; pop.* (*1910*) *23,000*
spez. (**spezifisch**), specific
spez. Gew. (**spezifisches Gewicht**), specific weight
spezial′, special, particular
Spezial′arbeitsgebiet, *n.* **–e,** special field of work
Spezial′färbegüter, *n. pl.* special-dye goods
Spezialist′, *m.* **–en,** specialist
speziell′, special, especial, particular
spezifisch, specific
Spiegeleisen, *n.* specular cast-iron
spielen, to play, perform; **spielend** (*adv.*), easily
spinnen (a, o), to spin
Spirituosen, *n. pl.* spirituous liquors
Spiritusbereitung, *f.* manufacture of liquor
Spitze, *f.* point, end, top
spotten, to mock, ridicule
Sprache, *f.* language, tongue
sprechen (a, o), to speak, talk, say
sprengen, to scatter, disperse
Sprenggelati′ne, *f.* explosive gelatine
Sprengstoff, *m.* **–e,** explosive
Sprengwirkung, *f.* explosive action *or* effect

Sprengzweck, *m.* –**e,** blasting purpose
spröde, brittle
Sprödigkeit, *f.* brittleness
spülen, to rinse, wash
Spur, *f.* trace, track
spüren, to trace, perceive
s. S. (sieh Seite), see page
St. (Sankt), Saint
Staat, *m.* –**en,** state, nation
Stab, *m.* ⸗**e,** rod, bar; staff
Stadt, *f.* ⸗**e,** city
Stadtarzt, *m.* ⸗**e,** city physician
städtisch, *adj.* city, municipal
Stahl, *m.* ⸗**e,** steel
Stahldraht, *m.* steel wire
Stahlquelle, *f.* chalybeate spring
Stall, *m.* ⸗**e,** stall, stable
Stamm, *m.* ⸗**e,** stem, root
stammen, to arise, originate, come (from)
Stammsitz, *m.* ancestral estate
ständig, permanent, constant, continuous
Standpunkt, *m.* –**e,** point of view
Stangenschwefel, *m.* stick sulphur
Stannisulfid′, *n.* stannic sulphide (SnS_2)
Stannosulfid′, *n.* stannous sulphide (SnS)
stark, strong, violent, heavy, great
Stärke, *f.* strength, power; starch
Stärkemehl, *n.* starch, starch flour
stärken, to strengthen
starr, rigid, inflexible
statt, anstatt, instead of
Stätte, *f.* place; room
statt-finden (a, u), to take place, occur
statt-haben (hatte, gehabt), to take place, happen
Status, *m.* state, location; **in statu nascendi** (*Lat.*), in a nascent state
Staub, *m.* dust
Staubteil, *m.* –**e,** dust particle
Stearin′, *n.* stearin, *one of the constituents of animal fats* ($C_3H_5[C_{18}H_{35}O_2]_3$)
stechen (a, o), to stick, pierce, sting; —**d,** pungent
stecken, to be, stick
stehen (stand, gestanden), to stand; be
Stehenlassen, *n.* allowing to stand
steigen (ie, ie), to rise, ascend, increase; descend
steigern, to increase, raise
Steigerung, *f.* increase, rise
Stein, *m.* –**e,** stone, rock
Steinbruch, *m.* ⸗**e,** quarry
Steinbruchmaterial′, *n.* quarry material *or* matter
Steinkohle, *f.* coal, pit coal, anthracite
Steinkohlenteer, *m.* coal tar
Steinmauer, *f.* stone wall
Steinsalz, *n.* rock salt
Steinsalzbergwerk, *n.* –**e,** rock-salt mine
Steinzeit, *f.* stone age
Stelle, *f.* place, point, position; **nicht aus der — kommen,** to make no progress
stellen, to place, put
stellenweise, in places

Stellung, *f.* position, place, attitude
Stengelchen, *n.* —, little stalk *or* bar
sterben (a, o), to die
sterblich, mortal
stet, stetig, constant, continuous
stets, always, continually
Stickerei′, *f.* embroidery, fancywork
Stickgarn, *n.* mixed (*or* fancy) yarn
Stickstoff, *m.* nitrogen (N)
Stickstoffatom′, *n.* **–e,** nitrogen atom
stickstoffhaltig, nitrogenous
Stickstoffkomplex′, *m.* nitrogen complex
Stickstoffoxyd′, *n.* nitrogen oxide (NO)
Stickstoffoxydul′, *n.* nitrous oxide (N_2O)
Stickstoffpentoxyd′, *n.* nitrogen pentoxide (N_2O_5)
stickstoffrei, non-nitrogenous
Stiegenhaus, *n.* well of a staircase
Stiel, *m.* **–e,** stem, stalk
Stil, *m.* **–e,** style
still, still, silent
Stille, *f.* stillness, quiet
Stillstand, *m.* standstill, stop
stimmen, to harmonize; — **für,** be in favor of
Stimmung, *f.* mood, temper; shade
Stöchiometrie′, *f.* stoicheiometry
stöchiometrisch, stoicheiometric
Stock, *m.* **⸚e,** stick, staff
Stoff, *m.* **–e,** matter, substance
stofflich, material
Stoffwechsel, *m.* change of substance, assimilation, metabolism
Stopfen, *m.* —, stopper, cork
stören, to disturb, upset
Störung, *f.* disturbance, disorder
Stoß, *m.* **⸚e,** push, blow, impact
stoßen (stieß, gestoßen), to push, hit, thrust; — **auf,** meet, chance upon
Strahl, *m.* **–en,** ray (of light), beam
Stralsund, *seaport in N. E. Prussia; pop.* (*1910*) *34,000*
Strandpflanze, *f.* coast plant
Strang, *m.* **⸚e,** cord, rope; skein
Strangform, *f.* skein (form)
Straßburg, *capital of Alsace-Lorraine; pop.* (*1910*) *181,000*
Straße, *f.* street
streben, to strive, aspire
Strecke, *f.* stretch, distance, line
streichen (i, i), to stroke, rub; move, rush
Streichholz, *n.* **⸚er,** match
Streit, *m.* **–e,** strife, combat, debate, quarrel
Streiterei′, *f.* (long) dispute
Streitigkeit, *f.* dispute
streng, strict
Strenge, *f.* strictness
Strich, *m.* **–e,** streak, line
strikte, strictly
Stroh, *n.* straw
Strom, *m.* **⸚e,** stream, river; current

strömen, stream, flow, pour
Strömung, *f.* flowing, current; drift, undercurrent
Stromverbrauch, *m.* current consumption
Strontian′, *m.* strontia (SrO)
strontian′frei, free from strontia, strontia-free
strontian′haltig, containing strontia
Strontian′hydrat′, *n.* strontia hydrate (SrH_2O_2)
Strontian′lösung, *f.* strontia solution
Strontian′verfahren, *n.* strontia process
Strontium, *n.* strontium (Sr)
Strontiumverbindung, *f.* strontium compound
strotzen, to swell, be swollen
Strudel, *m.* whirlpool, vortex
Struktur′, *f.* structure
struktur′chemisch, pertaining to structural chemistry
strukturell′, structural
Struktur′formel, *f.* structural formula
Struktur′lehre, *f.* structural theory
Stück, *n.* **–e,** piece, bit
Stückchen, *n.* —, small piece, particle
stückig, coarse, lumpy
Student′, *m.* **–en,** student
Studen′tenzeit, *f.* college days, university life
Studiendirektor, *m.* chairman of an educational council
studieren, to study
Studium, *n., pl.* **Studien,** study, (literary) pursuit
Stunde, *f.* hour
stündig, *adj.* hours
stündlich, hourly
Sturz, *m.* fall, overthrow
stürzen (sich), to plunge, rush
Stuttgart, *capital of Württemberg; pop. (1910) 254,000*
Sublimation′, *f.* sublimation
sublimieren, to sublimate
Suboxyd′, *n.* suboxide
substantiell′, substantial, substantive
substantiv′, substantive
Substanti′vum, *n., pl.* **Substantiva** *or* **Substantiven,** substantive
Substanz′, *f.* substance, matter
suchen, to seek; try
Südafrika, *n.* South Africa
Süddeutschland, *n.* South Germany
Südfrankreich, *n.* Southern France
südlich, southern, south
Südrußland, *n.* Southern Russia
sukzessi′ve, successively
Sulfat′, *n.* **–e,** sulphate
Sulfid′; *n.* **–e,** sulphide
Sulfit′, *n.* **–e,** sulphite
Sumach, *m.* sumac
Summe, *f.* sum
Sumpfgas, *n.* marsh gas
Sünde, *f.* sin
Superchlorid′, *n.* perchloride
Superoxyd′, *n.* superoxide, peroxide
Suppe, *f.* soup
suspendieren, to suspend
süß, sweet
süßen, to sweeten
süßlich, sweetish
Symbol′, *n.* **–e,** symbol

symbolisch, symbolical
Sympathie', *f.* sympathy
Synthe'se, *f.* synthesis
synthe'tisch, synthetic
System', *n.* **–e,** system
systematisch, systematic

T

t (Tonne), ton
T. (Teil), part
Tabel'le, *f.* table, index
Tafel, *f.* table, slab, sheet; blackboard
Tag, *m.* **–e,** day; **an den — legen,** to disclose
Tagebau, *m.* open mining
täglich, daily
Tal, *n.* **⸗er,** valley
Talent', *n.* **–e,** talent
Talg, *m.* **–e,** tallow
Talk, *m.* talc, talcum
Talloire, *village in Savoie, a province in southeastern France*
Tannin', *n.* tannin, tannic acid, *an amorphous, strongly astringent acid obtained from gallnuts, sumac, tea, and other plants*
Tannin'-Brechweinsteinbeize, *f.* tannin-tartar-emetic mordant
Tantaldraht, *m.* tantalum wire
Tantallampe, *f.* tantalum lamp
Tante, *f.* aunt
tarieren, to tare, allow for tare
Taschenbuch, *n.* **⸗er,** handbook, vade mecum
Taschenspieler, *m.* **—,** juggler
Tat, *f.* act, deed, exploit; **in der —,** indeed
tätig, active, busy; employed
Tätigkeit, *f.* activity, action
Tatsache, *f.* fact
tatsächlich, actual, real
Tau, *m.* **–e,** dew
tauchen, to dip, plunge, immerse
Täuschung, *f.* deception
tausendmal, thousand times
Te (Tellur'), tellurium
Tech'nik, *f.* technics, technology
Techniker, *m.* **—,** engineer
technisch, technical
Technologie', *f.* technology
Tee, *m.* **–s,** tea
Teer, *m.* **–e,** tar
Teil, *m.* **–e,** part, portion; **zum —,** partly, partially
teilbar, divisible
Teilchen, *n.* **—,** particle
teilen, to divide; share
teil-nehmen (nahm, genommen), to take part, participate
teils, partly
teilweise, partial; *adv.* partly
Telegraph', *m.* telegraph
Tellerbohrer, *m.* plate-auger
Tellur', *n.* tellurium (Te)
Temperatur', *f.* temperature
Temperatur'änderung, *f.* change of temperature
Temperatur'bestimmung, *f.* determining of temperature
Temperatur'erhöhung, *f.* rise in temperature
Temperatur'skala, *f.* **–s,** scale of temperature
Temperatur'wechsel, *m.* **—,** change of temperature
Temperatur'zählung, *f.* temperature enumeration

Tempo, *n.* time, rate
temporär', temporary
Tendenz', *f.* tendency
Tension', *f.* tension
Teppich, *m.* –e, carpet, rug
ternär', ternary
terra pinguis (*Lat.*), fat *or* rich earth
tetra-, tetra (*four*)
Textil', *n.* –ien, textile
Textil'faser, *f.* textile fiber
Textil'industrie', *f.* textile industry
Thein', *n.* theine (*identical with caffeine, but derived from tea*)
Thema, *n., pl.* **Themen** *or* **Themata,** theme, subject
Theolo'g(e), *m.* –n, theologian
theoretisch, theoretical
Theorie', *f.* theory
thermisch, thermal
Thermochemie', *f.* thermochemistry
thermochemisch, thermochemical
Thermodyna'mik, *f.* thermodynamics
Thermometer, *m.* (*n.*) —, thermometer
Thermometerstand, *m.* thermometer reading, temperature
Thiosulfat', *n.* thiosulphate, *a salt of thiosulphuric acid*
Thorium, *n.* thorium (Th)
Thoriumnitrat', *n.* thorium nitrate, $Th(NO_3)_4$
Thymian', *m.* thyme
tief, deep, low
Tiefe, *f.* depth, deep
tiefrot, deep red
Tiegel, *m.* —, pot, crucible
Tiegelstahl, *m.* crucible steel
Tier, *n.* –e, animal
tierisch, *adj.* animal
Tierkohle, *f.* animal charcoal
Tierreich, *n.* animal kingdom
Tiersubstanz', *f.* animal matter
Tierwelt, *f.* animal world
Tisch, *m.* –e, table
Titel, *m.* —, title, heading
titrieren, to titrate
Titrimetrie', *f.* titration
titrimetrisch, titrimetric
Tochter, *f.* ⸚, daughter
Tod, *m.* death
tödlich, deadly, fatal
Toilet'teseife, *f.* toilet soap
toll, foolish, mad, crazy
Ton, *m.* ⸚e, tone, strain
Ton, *m.* –e, clay
Tonerde, *f.* alumina, argillaceous earth
Tonerdeseife, *f.* aluminiferous soap
tonhaltig, containing clay, argillaceous
tonig, clay(ey)
Tonne, *f.* tun, cask; ton
tonnenartig, barrel-shaped
Tontiegel, *m.* —, clay crucible
Topas', *m.* topaz
Torf, *m.* peat
Tournantöl, *n.* rank olive oil
toxisch, toxic
tragen (u, a), to carry, bear, support, wear
Träger, *m.* —, carrier, bearer
Tragweite, *f.* range, importance
Tram, *m.* –e, tram (*silk*)
Tran, *m.* –e, train oil; blubber
tränken, to soak, saturate, water
Tränkung, *f.* soaking, saturating

Transport′, *m.* **–e,** transport(ation)
Traube, *f.* grape; raceme
Traubensäure, *f.* racemic acid, *a white, crystalline compound,* $C_4H_6O_6$, *contained in some kinds of grapes*
Traubenzucker, *m.* grape sugar
treffen (traf, getroffen), to strike, meet, decide upon, make; **treffend,** striking, clear
trefflich, excellent
treiben (ie, ie), to drive, impel, push; practise
Treibherd, *m.* **–e,** refining hearth, cupelling furnace
trennen, to separate, divide
Trennung, *f.* separation, division, decomposition
Treppe, *f.* staircase, stairs
treten (a, e), to step, advance, come; pass
treu, faithful, loyal
Tribut′, *m.* tribute
Trichter, *m.* **—,** funnel
Trinitrophenol′, *n.* trinitrophenol, picric acid, $C_6H_2(NO_2)_3OH$
trinken (a, u), to drink
Trinkwasser, *n.* **—,** drinking-water
Trinkwasserzweck, *m.* **–e,** drinking-water purpose
Trioxyd′, *n.* trioxide
Trisaccharid′, *n.* **–e,** trisaccharide ($C_{18}H_{32}O_{16}$)
Triumph′, *m.* **–e,** triumph
trocken, dry
Trock(e)ne, *f.* dryness
Trockenschrank, *m.* drying oven, drier
Trockenstoff, *m.* **–e,** dry matter
Trockensubstanz′, *f.* dry substance
trocknen, to dry, desiccate
Trommel, *f.* drum
Tropenland, *n.* **⸚er,** tropical country
tropfbar, liquid, fluid
tropfen, to drop, drip
Tropfen, *m.* **—,** drop
tropisch, tropical
trösten, to console, comfort
trotz, in spite of
trotzdem, nevertheless; although
trübe, turbid, muddy, cloudy
trüben, to render turbid *or* cloudy; **getrübt,** turbid, cloudy
Trübung, *f.* turbidity, cloudiness
Trugschluß, *m.* false conclusion
Trümmer, *pl.* ruins, fragments
Tuch, *n.* **⸚er,** cloth
tüchtig, clever, excellent, competent
Tücke, *f.* spite, whim, caprice
Tüllgewebe, *n.* tulle fabric
tun (tat, getan), to do, make, perform
Tür(e), *f.* door
Turgeszenz′, *f.* turgescence, state of being swollen *or* inflated
Türkischrotfärberei′, *f.* Turkey-red dyeing
Türkischrotöl, *n.* Turkey-red oil
Turm, *m.* **⸚e,** tower, turret
Tussah, *n.* tussah *or* tusser silk
Type, *f.* type, letter

U

u. (und), and
u. a. (**unter anderen**), among others
u. a. m. (**und andere mehr**), and others
übel, evil, bad
Übel, *n.* evil, misfortune
üben, to practise, exercise, exert
über, over, above, concerning, by way of
überall, everywhere
überarbeitet, overworked
überaus, exceedingly
Überblick, *m.* general view, survey
Überchlorsäure, *f.* perchloric acid ($HClO_4$)
Überchromsäure, *f.* perchromic acid (H_2CrO_5)
überdies, moreover
überein-stimmen, to agree with, harmonize, correspond to
Übereinstimmung, *f.* agreement, harmony
überflüssig, superfluous, useless
überfluten, to flood, inundate
überführbar, convertible
über-führen, to transport, convey, convert
Überführung, *f.* conversion
Übergang, *m.* **⸚e**, transition
übergeben (a, e), to give, entrust, surrender
übergebeugt, bent, stooping
über-gehen (ging, gegangen), to go over, pass over, change
übergießen (o, o), to cover (by pouring)
überhaupt, in general, at all, anyway
überhebend, conceited, arrogant
überhitzen, to overheat, superheat
Überlegenheit, *f.* superiority
Überlegung, *f.* consideration
über-leiten, to lead over
Übermangan'säure, *f.* permanganic acid ($HMnO_4$)
übermangansaures Kalium, *n.* potassium permanganate ($KHMnO_4$)
übernehmen (übernahm, übernommen), to take, take over, accept, receive
überraschen, to surprise
Überreizung, *f.* excessive irritation
übersättigen, to supersaturate
überschätzen, to over-estimate
überschreiten (überschritt, überschritten), to go beyond, cross, exceed
Überschreitung, *f.* crossing
Überschuß, *m.* surplus, excess, remainder
überschüssig, excess, surplus, remaining
übersehen (a, e), to overlook, survey, ascertain, see at a glance
Übersicht, *f.* survey, summary
über-siedeln, to emigrate, remove, move
Übersiedelung, *f.* removal, moving
über-stehen (stand, gestanden), to stand over *or* above
übersteigen (ie, ie), to excel, surpass

Übersteigrohr, *n.* **–e,** overflow tube
übertragen (u, a), to carry over, transmit; entrust, confer upon
übertreffen (übertraf, übertroffen), to surpass, excel
überwerfen (a, o); **sich mit jemandem —,** to quarrel with someone
überwinden (a, u), to overcome, conquer, surpass
überzeugen, to convince
Überzeugung, *f.* conviction
überziehen (überzog, überzogen), to cover, coat, line
üblich, usual, customary
übrig, remaining, rest, over, left, other; — **bleiben,** to remain over, be left; **im —en,** moreover
übrigbleibend, remaining
übrigens, moreover
Übung, *f.* practice, training
u. dergl. (**und dergleichen**), and the like
u. dgl. mehr (**und dergleichen mehr**), and the like, and so forth
Uhrgläschen, *n.* watch crystal
Uhrwerk, *n.* **–e,** works *or* mechanism of a timepiece, clockwork
Ulm, *city in Württemberg; pop. (1910) 56,000*
um, around, about, by; — . . . **zu** + *inf.*, in order to; — **so mehr,** so much the more
um-dampfen, to evaporate again
um-drehen, to turn around, rotate
um-drucken, to reprint
Umfang, *m.* **⸗e,** circumference; extent, volume
umfangreich, extensive, exhaustive
umfassen, to embrace, include; **—d,** comprehensive, extensive, capacious
umgeben (umgab, umgeben), to surround
Umgebung, *f.* surroundings, vicinity; company
umgehen (umging, umgangen), to avoid, shun
um-gehen (ging, gegangen), to go about
umgekehrt, inverse, converse, reverse; vice versa
umgreifen (umgriff, umgriffen), to embrace
um-kehren, to turn around, reverse, invert
Umkreis, *m.* circuit, vicinity
um-rühren, to stir (up)
umschließen (o, o), to surround, enclose
um-schmelzen (o, o), to remelt, recast
umschmolzen, covered over
um-schütteln, to shake (about)
um-schwenken, to turn about, rotate
Umsetzung, *f.* transformation
umspannen, to encompass
Umstand, *m.* **⸗e,** circumstance, condition
umständlich, detailed, troublesome
um-wandeln, to transform
Umwandlung, *f.* transformation
Umweg, *m.* roundabout way

Umwohner, *m. pl.* people living around *or* nearby
um-ziehen (zog, gezogen), to remove (*to new quarters*)
unabhängig, independent
Unannehmlichkeit, *f.* vexation, annoyance
unausbleiblich, inevitable, certain
unbeantwortet, unanswered
unbedingt, unconditional, absolute
unbefriedigt, unsatisfied, disappointed
unbegrenzt, unlimited
unbekannt, unknown
Unbequemlichkeit, *f.* inconvenience
unbeschränkt, unlimited
unbotmäßig, insubordinate
unbrauchbar, useless
undenkbar, inconceivable
Unduldsamkeit, *f.* intolerance
Undurchdringlichkeit, *f.* impenetrableness, impermeability
undurchsichtig, opaque
Undurchsichtigkeit, *f.* opacity
uneben, uneven
unedel, not noble, base; nonprecious
unempfindlich, not sensitive; numb
unendlich, infinite, endless
unentbehrlich, indispensable
unerkannt, unknown
unerklärlich, inexplicable
unerläßlich, indispensable
unermüdlich, untiring, indefatigable
unerschütterlich, firm, immovable
Unfall, *m.* **⸗e,** disaster, mishap
unfruchtbar, unfruitful
Ungarn, *n.* Hungary
ungefähr, about, approximately; **von —,** by chance, accidentally
ungefärbt, undyed, uncolored
ungeheuer, immense, huge
ungeleimt, unsized
ungemein, uncommon, unusual
ungenügend, insufficient
ungerechtfertigt, unjustified
ungestraft, with impunity
ungewöhnlich, unusual, extraordinary
ungezwungen, unconstrained, natural
ungleich, unlike, unequal
ungleichartig, dissimilar
ungleichmäßig, not uniform, uneven
ungünstig, unfavorable
Unitarier, *m.* **—,** Unitarian
unitarisch, Unitarian
Universität′, *f.* university
Universitäts′laboratorium, *n.* university laboratory
Universitäts′student′, *m.* **-en,** university student
unlöslich, insoluble
unmittelbar, immediate, direct
unmöglich, impossible
unnötig, unnecessary
unnütz, useless, good for nothing
unorganisch, inorganic
unoxydiert′, unoxidized
unparteiisch, impartial, unbiased
unrecht, wrong
unrein, impure

unrichtig, incorrect, false
unsauber, unclean
unschätzbar, priceless, invaluable
unschicklich, improper, ungentlemanly
unschmelzbar, infusible
unsichtbar, invisible
unstet, unsteady, roving
unstreitig, indisputable
unteilbar, indivisible
unten, below, beneath
unter, under, among, by, at, with; *adj.* lower
unter-bringen (brachte, gebracht), to lodge, give shelter to
unterdes(sen), meanwhile
unterdrücken, to suppress, restrain
untereinander, mutually, among themselves
Untergang, *m.* ⸗e, sinking, ruin
unter-gehen (ging, gegangen), to go under, sink
untergeordnet, subordinate, smaller
untergraben (u, a), undermine
Untergrund, *m.* subsoil
unterhalb, below
unterhalten (ie, a), to support, maintain
Unterhaltung, *f.* conversation
unterirdisch, subterranean, subsoil
Unterlage, *f.* support, foundation
Unterlaß, *m.* intermission, cessation
unterlassen (ie, a), to omit
unter-laufen (ie, a), to creep *or* slip in
Unterlauge, *f.* underlye, spent lye
unterliegen (a, e), to succumb, be subject
unternehmen (unternahm, unternommen), to undertake, attempt
Unternehmer, *m.* —, contractor, speculator
Unterricht, *m.* instruction, teaching
unterrichten, to instruct, inform, teach
Unterrichtsanstalt, *f.* educational institution
Unterrichtslaboratorium, *n.* instruction laboratory
unterschätzen, to undervalue, underestimate
unterscheiden (unterschied, unterschieden), to distinguish, differentiate
Unterscheidung, *f.* distinction, differentiation
Unterschied, *m.* –e, difference, distinction
untersuchen, to investigate, examine, analyze, test
Untersucher, *m.* —, investigator, explorer
Untersuchung, *f.* investigation, analysis, research
Untersuchungsgeist, *m.* spirit of investigation
Untersuchungsmetho'de, *f.* method of investigation
Unterweisung, *f.* instruction
unterwerfen, (a, o) to subject
unüberlegt, thoughtless, indiscreet
unübersehbar, boundless, countless

unübertroffen, unexcelled
unumgänglich, unavoidable
unveränderlich, unchangeable, constant
unverändert, unchanged
unverbrannt, unconsumed
unverbunden, uncombined, free
unverdampfbar, non-vaporizing, non-vaporizable
unvergeßlich, never to be forgotten
unverheiratet, unmarried
unvermeidlich, unavoidable
unverzüglich, immediate, instant
unvollkommen, imperfect, defective
unwissend, ignorant, ill-informed
unzeitgemäß, immature
unzerstörbar, indestructible
unzufrieden, dissatisfied, discontented
Unzufriedenheit, *f.* discontent, dissatisfaction
unzweifelhaft, indubitable, unquestionable
Upsala, *chief and oldest city in Sweden; pop. (1910) 26,000; University of Upsala, 1940 students (1912)*
Ural′, *m.* Ural mountains
Uran′, *n.* uranium (U)
Urgebirge, *n.* primitive (primary) mountains or rocks
Urgestein, *n.* **–e,** primitive rock
Urkalk, *m.* primitive chalk *or* lime
Ursache, *f.* cause, reason
Ursprung, *m.* origin, source
ursprünglich, initial, original
Urstoff, *m.* **–e,** primary matter *or* substance, element
Urwald, *m.* **⸗er,** primeval forest
usw., und so weiter, and so forth

V

Vakuum, *n.* vacuum
Vakuumapparat′, *m.* **–e,** vacuum apparatus
Valenz′, *f.* valence
Valet′, *n.* farewell
Vanadium, *n.* vanadium (V)
Vanille, *f.* vanilla
Variabel′, *m.* **—,** variable, variation
Variation′, *f.* variation
Vater, *m.* **⸗,** father
Vaterland, *n.* fatherland, native country
vegetabilisch, *adj.* vegetable
Vegetation′, *f.* vegetation
Vegetations′versuch, *m.* **–e,** experiment on vegetation
venös,′ venous
Verachtung, *f.* contempt
Verallgemeinerung, *f.* generalization, summary
veränderlich, changeable, variable
verändern, to change, vary, alter
Veränderung, *f.* change, alteration
Veranlagung, *f.* talent(s)
veranlassen, to cause, occasion, induce, incite
Veranlassung, *f.* occasion, cause, instigation; **— geben,** to give rise to
veranschaulichen, to illustrate

veranstalten, to manage, prepare
Verarbeitbarkeit, *f.* utility in manufacture, property of being able to be used up
verarbeiten, to work, work up, manufacture
veraschen, to ash, incinerate
Verband, *m.* **⸚e,** association
Verbannung, *f.* banishment; omission
verbessern, to improve; correct
Verbesserung, *f.* improvement, reform
verbieten (o, o), to forbid
verbinden (a, u), to connect, combine, unite
Verbindung, *f.* union, connection, compound, association, communication
Verbindungsfähigkeit, *f.* combining capacity
Verbindungsgewicht, *n.* **–e,** combining weight
Verbindungsverhältnis, *n.* **–se,** combining proportion
verbleiben (ie, ie), to remain (permanently), continue, stay
verblenden, to blind, delude
Verbrauch, *m.* consumption
verbrauchen, to consume, waste
verbreiten, to spread, diffuse, circulate, distribute
Verbreitung, *f.* diffusion, distribution
verbrennen (verbrannte, verbrannt), to burn
Verbrennung, *f.* burning, combustion
Verbrennungsgas, *n.* **–e,** combustion gas
Verbrennungslehre, *f.* theory of combustion
Verbrennungsprodukt′, *n.* **–e,** product of combustion
Verbrennungsprozeß′, *m.* **–e,** process of combustion
Verbrennungsrückstand, *m.* **⸚e,** remnants *or* residue of combustion
Verbrennungstemperatur′, *f.* temperature of combustion
Verbrennungstheorie′, *f.* theory of combustion
Verbrennungsvorgang, *m.* **⸚e,** process of combustion
Verbrennungswärme, *f.* heat of combustion
verbringen (verbrachte, verbracht), to spend, pass
verdammen, to damn, curse
verdampfen, to vaporize, evaporate
Verdampfung, *f.* vaporization
verdanken, to owe
verdauen, to digest
verdaulich, digestible
Verdauung, *f.* digestion
Verdauungsapparat′, *m.* digestive apparatus
Verdauungsarbeit, *f.* work of digestion
Verdauungskanal′, *m.* alimentary canal
Verdauungsorgan′, *n.* **–e,** digestive organ
Verdauungsprozeß′, *m.* **–e,** digestive process
verderben (a, o *or weak*), to spoil, injure, ruin; be spoiled, decay

verdichten, to condense, compress
Verdichtungskammer, *f.* condensing chamber
verdicken, to thicken, concentrate
verdienen, to earn, deserve
Verdienst, *n.* **–e,** merit, service, credit; accomplishment
verdoppeln, to double
verdrängen, to displace
verdünnen, to dilute
Verdünnung, *f.* thinning, dilution
verdunsten, to evaporate
Verdunstung, *f.* evaporation
Verehrung, *f.* veneration, admiration
Verein, *m.* union; conjunction
Vereinbarung, *f.* agreement, arrangement
vereinen, to unite, combine
vereinfachen, to simplify
vereinigen, to unite, combine
Vereinigte Staaten, United States
Vereinigung, *f.* union, combination, association
verfahren (u, a), to proceed, act; manage
Verfahren, *n.* **—,** process, procedure, method; management
Verfall, *m.* fall, collapse
Verfälschung, *f.* adulteration
verfassen, to write, draw up
Verfasser, *m.* **—,** author, writer
verfilzen, to felt, mat
verfließen (o, o), to elapse
verflüchtigen, to volatilize
verflüssigen, to liquefy
Verflüssigung, *f.* liquefaction
Verflüssigungspunkt, *m.* point of liquefaction
verfolgen, to pursue, follow
Verfolgung, *f.* persecution
verfügen (über), to have at one's disposal *or* command, dispose of
Verfügung, *f.* disposal, command
vergären (o, o), to ferment
Vergärung, *f.* fermentation
vergebens, in vain
vergehen (verging, vergangen), to pass, elapse
vergessen (a, e), to forget
vergeuden, to squander, waste
Vergiftungserscheinung, *f.* symptom of poisoning
verglasbar, vitrifiable
Vergleich, *m.* **–e,** comparison; compromise
vergleichbar, comparable
vergleichen (i, i), to compare; **—d,** comparative
Vergleichsrohr, *n.* comparison tube
Vergleichszweck, *m.* **–e,** purpose of comparison
Vergleichung, *f.* comparison
verglühen, to bake
vergraben (u, a), to bury
vergrößern, to enlarge, increase
Vergrößerung, *f.* enlargement, increase
Vergütung, *f.* compensation
verhalten, verhielt, verhalten **(sich),** to act, be in proportion, be; progress, get on
Verhalten, *n.* behavior, conduct; reaction
Verhältnis, *n.* **–se,** relation,

ratio, proportion; state, condition
verhältnismäßig, comparative, relative, proportional
verhängnisvoll, fateful, fatal
verheiraten (sich), to marry
Verheißung, *f.* promise
verhelfen (a, o), to help, aid
verhindern, to hinder, prevent
verhöhnen, to ridicule, deride
verhüten, to prevent, avert
verirren (sich), to err, go astray
verjagen, to drive out, expel
Verkalkung, *f.* calcination
verkaufen, to sell
verkäuflich, salable, marketable
verkehren, to come and go, associate with
verkehrt, wrong, absurd
Verkehrtheit, *f.* absurdity
verkleinern, to make smaller, diminish
verknüpfen, to connect, join
verkochen, to boil down, concentrate
verkohlen, to char, carbonize
Verkohlungsproduct′, *n.* **–e,** carbonization product
Verkörperung, *f.* personification
verlangen, to desire, demand, require
verlassen (ie, a), to leave, forsake
Verlauf, *m.* course, progress
verlaufen (ie, au), to proceed, pass
verleben, to live through, spend, pass
verlegen, to transfer, move
verleihen (ie, ie), to lend, bestow, give, impart
verlieren (o, o), to lose; **verloren gehen,** be *or* become lost
Verlust, *m.* **–e,** loss
vermehren, to increase, multiply
Vermehrung, *f.* increase, augmentation
vermeiden (ie, ie), to avoid, elude
vermindern, to lessen, decrease, diminish
vermischen, to mix
vermitteln, to arrange, send, bring about
Vermoderung, *f.* moldering, decay
vermögen (vermochte, vermocht), to be able, can
Vermögen, *n.* ability, power
vermuten, to suppose, think
vermutlich, supposed, probable
Vermutung, *f.* supposition, conjecture
vernachlässigen, to neglect
Vernachlässigung, *f.* neglect(ing), carelessness
Vernichtung, *f.* destruction, annihilation
veröffentlichen, to publish
Veröffentlichung, *f.* publication
Verordnung, *f.* prescription
verreiben (ie, ie), to grind fine, triturate
Verrichtung, *f.* performance, execution, affair
verringern, to diminish, reduce
versammeln, to assemble, collect

Versammlung, *f.* gathering, assembly
versäumen, to delay
verschaffen, to procure, secure
verschämt, bashful
Verschiebung, *f.* shifting
verschieden, different, various
verschiedenartig, heterogeneous, varied, different
Verschiedenheit, *f.* difference, diversity
verschiedenwertig, of varying valence, multivalent
verschlagen (u, a), to throw, drive
verschließbar, capable of being closed *or* corked
verschließen (o, o), to close, lock, seal
verschmähen, to disdain, refuse
verschwinden (a, u), to vanish, disappear; **—d klein,** infinitesimal
versehen (versah, versehen), to provide (with), equip, supply; manage, look after
verseifen, to saponify
Verseifung, *f.* saponification
versenden (versandte, versandt), to export, ship
versengen, to singe, scorch
versetzen, to set, put, displace, transfer; mix, treat
Versetzung, *f.* transfer, promotion
versieden (versott, versotten), to evaporate by boiling
Versorgungshaus, *n.* home for aged people
verständlich, comprehensible, lucid
Verständnis, *n.* intelligence, intellect, understanding
verstehen (verstand, verstanden), to understand; **sich auf etwas —,** understand thoroughly
Versuch, *m.* **-e,** attempt, effort, experiment
versuchen, to try, endeavor
Versuchsanordnung, *f.* experiment arrangement
Versuchsanstalt, *f.* experiment station
Versuchsbedingung, *f.* experimental condition, restriction of an experiment
Versuchseinrichtung, *f.* experimental device *or* equipment
Versuchsfehler, *m.* **—,** experimental error
Versuchsstation', *f.* experiment station
vertauschen, to exchange
verteidigen, to defend
verteilen, to distribute, divide, diffuse
Verteilung, *f.* distribution, division
verteuern, to make dearer, enhance the value of
vertiefen, to deepen; **sich in etwas —,** plunge into, become absorbed in
Vertiefung, *f.* deepening
vertragen (u, a), bear, endure
vertreten (a, e), to advocate, uphold
Vertreter, *m.* **—,** representative
verunreinigen, to soil, pollute
Verunreinigung, *f.* impurity, contamination, pollution

verursachen, to cause
verwandelbar, convertible
verwandeln, to transform
verwandt, related
Verwandtschaft, *f.* affinity, relationship
Verwandtschaftseinheit, *f.* unit of relationship
verwechseln, to exchange; confound
verweilen, to stay, tarry
verwendbar, available, applicable
Verwendbarkeit, *f.* usefulness, applicability, utility
verwenden, (verwandte, verwandt *or* verwendete, verwendet), to use, employ, apply
Verwendung, *f.* application, use, employment
verwerfen (a, o), to throw away, reject
verwerten, to utilize, turn to account
Verwertung, *f.* utilization
Verwesung, *f.* decay, decomposition
Verwesungsprozeß′, *m.* –e, process of decomposition
verwickelt, complicated, intricate
verwirren, to entangle, confuse
verwittern, to weather, crumble
Verwitterung, *f.* weathering, efflorescence
verzeichnen, to record
verzerren, to distort
verzögern, to delay, retard
Veteran′, *m.* **–en,** veteran
vgl. (vergleiche), compare, see
Viehfutter, *n.* **—,** fodder
viel, much, many
vielfach, manifold, various, repeated, excessive
Vielgestaltigkeit, *f.* variety of form, multiformity
vielleicht, perhaps
vielmehr, rather
Vielseitigkeit, *f.* versatility
vieratomig, four-atom
vierfach, fourfold, quadruple
viert, fourth
Vierteljahrhundert, *n.* quarter-century
vierwertig, quadrivalent
vierzig, forty
Villach, *town in Carinthia, Austria; pop. (1910) 11,000*
violett′, violet
vital′, vital
Vizepräsident′, *m.* **–en,** vice-president
Vol. (Volumen), volume
Volk, *n.* **⸗er,** people, populace
Volkswirtschaft, *f.* political economy
volkswirtschaftlich, relating to political economy, economic
voll, full
vollbringen (vollbrachte, vollbracht), to accomplish, achieve
vollenden, to finish, complete
vollends, wholly, altogether
vollführen, to bring about, effect
völlig, full, complete, entire, perfect
vollkommen, complete, perfect
vollsaftig, full of sap, juicy
vollständig, complete, entire, perfect

Vollständigkeit, *f.* completeness, perfection
vollziehen (vollzog, vollzogen), to complete, consummate, fulfill, do
Volumen (Volum'), *n.* — *or* **Volumina,** volume
Volu'meneinheit, *f.* unit of volume
Volu'menteil, *m.* –e, part by volume
Volum'gesetz, *n.* –e, volumetric law
Volum'größe, *f.* volumetric quantity, volume
Volum'vergrößerung, *f.* increase in volume
Volum'verhältnis, *n.* –se, proportion by volume, volumetric proportion
Volum'vermehrung, *f.* increase in volume
Volum'verminderung, *f.* decrease in volume
von, from, of, by
vor, before, in front of; from, against
voran-gehen (ging, gegangen), to precede
voran-schreiten (schritt, geschritten), to proceed, progress, continue
voran-stehen (stand, gestanden), to stand ahead of, excel
voraus-gehen (ging, gegangen), to precede
voraus-nehmen (nahm, genommen), to anticipate
voraus-schauen, to look into the future, foresee
voraus-setzen, to suppose, assume
Voraussetzung, *f.* supposition, assumption, hypothesis
Vorbedingung, *f.* preliminary condition
vor-bereiten, to prepare
Vorbild, *n.* –er, model, pattern
vorerst first of all; for the present
vor-finden (a, u), to come upon, find
vor-führen, to produce, present
Vorgang, *m.* ⸗e, process, procedure, reaction
vor-gehen (ging, gegangen), to go forward, act
vorgeschritten, advanced
vorhanden, at hand, present, existing
Vorhandensein, *n.* presence
vorher, before, previously
vorher-gehen (ging, gegangen), to precede
vorherig, previous
vor-herrschen, to predominate, prevail
vorhin, before, heretofore
vorig, preceding, last
Vorkenntnis, *f.* –se, preliminary knowledge, rudiments
vor-kommen (kam, gekommen), to occur, happen, be found, appear
Vorkommen, *n.* occurrence, habitat, presence
Vorkühlung, *f.* precooling, primary refrigeration
Vorläufer, *m.* forerunner, predecessor
vorläufig, previous; for the present, meanwhile
vor-legen, to lay before, submit

Vorlesung, *f.* lecture
Vorlesungstisch, *m.* lecture table
Vorliebe, *f.* preference, fondness
vor-liegen (a, e), to be present, be; be under consideration
vorn, fore, in front
Vorname, *m.* first name
vornehm, aristocratic
vor-nehmen (nahm, genommen), to undertake, make
vornehmlich, chiefly, especially
Vorschein, *m.* appearance; **zum — kommen,** to appear
Vorschlag, *m.* ⸗e, proposal, proposition
vor-schlagen (u, a), to propose
Vorschrift, *f.* prescription, direction
vor-setzen, to set before
Vorsicht, *f.* foresight, caution, care
vorsichtig, cautious, careful
Vorsichtsmaßregel, *f.* precaution
Vorsteher, *m.* —, director, head
vor-stellen (sich), to imagine, conceive
Vorstellung, *f.* conception, idea
Vorteil, *m.* –e, advantage, benefit
vorteilhaft, advantageous
Vortrag, *m.* ⸗e, lecture; delivery
vortrefflich, excellent, superior
vorüber-gehen (ging, gegangen), to go by, pass; **—d,** temporary, transitory
Vorurteil, *n.* –e, prejudice, notion
vorurteilsfrei, unprejudiced
vor-walten, to preponderate
vor-wärmen, to heat beforehand, preheat
vor-wiegen (o, o), to preponderate, outweigh
vorzüglich, excellent
vorzugsweise, advantageously, preferably, especially
Vulkan′, *m.* –e, volcano
Vulkan′fiber, *f.* Vulcan fiber, *vulcanized fiber, paper pulp made tough and waterproof by treatment with a metallic chloride and pressure; used in making washers, bearings, etc.*

W

wachen, to watch, guard
Wachs, *n.* wax
wachsen (u, a), to grow, increase, thrive; **etwas** (*dat.*) **gewachsen sein,** be equal to
wachsglänzend, having waxy gloss
Wachstum, *n.* growth
wachsüberzogen, wax-covered
wachsweich, soft as wax
Waffe, *f.* weapon, arms
wägbar, weighable, ponderable
Wage, *f.* balance, scales
wagehalsig, foolhardy
wagen, to venture, attempt
wägen, wiegen (o, o), to weigh
Wagenklasse, *f.* class of coach *or* car
Wageschale, *f.* scale pan
Wägung, *f.* weighing
Wahl, *f.* choice, election
wählen, to choose, select
Wahlspruch, *m.* motto

wahr, true, real
während, while; during
wahrhaft, true, real
Wahrheit, *f.* truth
Wahrheitsliebe, *f.* love of truth
wahrnehmbar, perceptible
wahr-nehmen (nahm, genommen), to perceive, observe
Wahrnehmung, *f.* perception, observation
wahrscheinlich, probable
Wahrscheinlichkeit, *f.* probability, plausibility
Wald, *m.* **⸚er,** forest, wood
Waldboden, *m.* forest soil
walken, to full, mill
Walrat, *m.* spermaceti
walten, to govern, rule
walzbar, able to be rolled *or* flattened
Walze, *f.* roller, roll
walzen, to roll, flatten out
Wand, *f.* **⸚e,** wall
Wanderleben, *n.* roving life
wandern, to wander, roam
Wandfläche, *f.* wall surface
Ware, *f.* ware, article; *pl.* goods, merchandise
warm, warm
Wärme, *f.* warmth, heat
Wärmeabgabe, *f.* loss of heat
Wärmeeinheit, *f.* heat unit
Wärmeenergie′, *f.* thermal energy
Wärmeentwickelung, *f.* evolution of heat
Wärmeerscheinung, *f.* phenomenon *or* evolution of heat
Wärmegefühl, *n.* feeling of warmth
Wärmemenge, *f.* amount of heat
Wärmequelle, *f.* source of heat
Wärmespeicher, *m.* —, heat accumulator, regenerator
Wärmesumme, *f.* heat sum
Wärmetönung, *f.* heat tone
Wärmeverlust, *m.* loss of heat
warnen (vor), to warn *or* caution against
warten, to wait
warum, why
was, what, that which, some; — **für ein,** what (kind of) a
Wäsche, *f.* washing, wash
waschecht, washable, not fading when washed, fast
Waschechtheit, *f.* fastness of color in respect to washing
waschen (u, a), to wash
Wasser, *m.* — *or* **⸚,** water
Wasseranziehung, *f.* absorption of water
Wasserbad, *n.* water bath
Wasserdampf, *m.* **⸚e,** water vapor, steam
wasserdicht, waterproof, water-tight
wasserfrei, free from water, anhydrous
Wassergas, *n.* water gas
Wassergehalt, *m.* water content, amount of water
Wasserglas, *n.* water glass; potassium silicate
wässerig, watery, aqueous, hydrous
Wasserkapazität, *f.* water capacity
Wasserlauf, *m.* **⸚e,** water course, drain
Wasserleitung, *f.* water pipe
Wassermenge, *f.* quantity of water

Wassermolekül′, *n.* **–e**, water molecule
Wasserprobe, *f.* water sample *or* specimen
Wasserstoff, *m.* hydrogen (H)
Wasserstoffatom′, *n.* **–e**, hydrogen atom
Wasserstoffgas, *n.* hydrogen gas
Wasserstoffgasflamme, *f.* hydrogen flame
Wasserstoffgehalt, *m.* hydrogen content
Wasserstoffion, *n.* **–en**, hydrogen ion
Wasserstoffmolekül′, *n.* **–e**, hydrogen molecule
Wasserstoffperoxyd′ (-superoxyd), *n.* hydrogen peroxide (H_2O_2)
Wasserstoffstrom, *m.* current of hydrogen
Wasserstoffsupersulfid′, *n.* hydrogen persulphide (H_2S_2)
Wassersynthe′se, *f.* synthesis of water
Wassertier, *n.* **–e**, water animal
Wasseruntersuchung, *f.* water analysis
Wasserzeichen, *n.* watermark
weben (o, o), to weave
Wechsel, *m.* **—**, change, succession
Wechselfälle, *m. pl.* vicissitudes
wechseln, to change
Wechselwirkung, *f.* reciprocal action *or* effect
wecken, to awaken
weder . . . noch, neither . . . nor
weg, forth, away, far
Weg, *m.* **–e**, way, road, route, manner, distance; **jemandem etwas auf den — geben**, to give a person something to take with him on his journey; **auf diesem —**, in this way
wegen, on account of
weiblich, feminine
weich, soft
weihen, to dedicate, devote
weil, because
Weile, *f.* while, time
weilen, to stay, tarry
Wein, *m.* **–e**, wine
Weinsäure, *f.* tartaric acid ($C_4H_6O_6$)
Weise, *f.* way, manner; **auf diese —**, in this way
weisen (ie, ie), to show, indicate
weiß, white
Weißbleierz, *n.* **–e**, white lead ore
Weißglühhitze, *f.* white heat, incandescence
Weißglut, *f.* white heat
weit, far, wide, large, distant; **bei —em**, by far
weitaus, by far
Weite, *f.* width; extent, range
weiter, farther, further; **ohne —es**, without further discussion *or* ado, forthwith
Weiterentwicklung, further development
weiter-wirken, to continue to work
weitgehend, far-reaching
weitschauend, far-seeing
weittragend, carrying far, far-reaching
weitverbreitet, widespread

Weizengebäck, *n.* wheat bread *or* pastry
Weizenmehl, *n.* wheat flour
welcher, welche, welches, who, which, what, some; — **auch immer,** whoever, whatever
welk, withered, faded
Welt, *f.* world
Weltausstellung, *f.* international exposition
weltberühmt, world-famous
Weltfremdheit, *f.* aloofness
Weltindustrie′, *f.* world's industry
Weltkörper, *m.* —, celestial body
Welt′literatur, *f.* world *or* universal literature
Weltmacht, *f.* ⁻̈e, world power
wenden (wandte, gewandt; *or reg.*); **(sich)** —, to turn (about)
wenig, little, few; *adv.* a little, slightly; **zum —sten,** least of all; **—stens,** at least
wenn, if, when, whenever; — **auch,** even if
wer, who, whoever
werden (wurde *or* ward, geworden), to become, be
werfen (a, o), to throw, cast
Werk, *n.* **–e,** work, enterprise; factory
Werkblei, *n.* mine *or* crude lead
Werkstatt (**–stätte**), *f.* workshop
Werkzeug, *n.* **–e,** instrument, tool
wert, worth, honored, esteemed
Wert, *m.* **–e,** worth, value
Wertigkeit, *f.* valence
Wertigkeitskoeffizient′, *m.* **–en,** coefficient of valence
Wertigkeitskraft, *f.* quantivalence, valence
Wertigkeitsverhältnis, *n.* **–se,** valence relation
wertlos, worthless
Wertschätzung, *f.* estimation, evaluation
wertvoll, valuable
Wesen, *n.* —, existence, being, nature, essence; creature
wesentlich, essential, vital, material; **im —en,** essentially, in substance, principally
Wesenzug, *m.* ⁻̈e, natural trait
weshalb, why, wherefore
Westindien, *n.* West India, West Indies
westlich, west(ern)
wichtig, weighty, important
Wichtigkeit, *f.* importance
widerlegen, to refute, disprove
Widersacher, *m.* opponent, foe
Widerspruch, *m.* ⁻̈e, contradiction
Widerstand, *m.* ⁻̈e, resistance, opposition; — **leisten,** to resist
widerstreben, to oppose
Widerwärtigkeit, *f.* vexation, calamity
widmen, to devote
wie, how, as, like; than
wieder, wiederum, again
Wiederabkühlung, *f.* recooling
Wiederauffrischen, *n.* reviving
Wiederbelebung, *f.* reanimation
wiederholen, to repeat
Wiederholung, *f.* repetition, review
Wiederkehr, *f.* return
wieder-sehen (a, e), to see again

Wiederverdampfung, *f.* re-evaporation
wiegen (o, o), to weigh
Wien, Vienna, *capital of Austria; pop.* (1910) 2,031,000
Wiesengrund, *m.* meadow land
wieviel, how much
wievielmal, how many times
willig, willing
willkürlich, arbitrary
wimmeln, to swarm, teem with
Wink, *m.* **–e,** wink, suggestion
Winter, *m.* **—,** winter
wirken, to act, work
wirklich, real, actual
Wirklichkeit, *f.* reality
wirksam, effective, operative, active
Wirksamkeit, *f.* efficiency, efficacy
Wirkung, *f.* effect, action, result
wirtschaftlich, economic(al), industrial
Wismut, *n.* (*m.*) bismuth (Bi)
wissen (wußte, gewußt), to know, know how to; be able
Wissenschaft, *f.* science; **die schönen —en,** literature, the belles lettres
wissenschaftlich, scientific
Wissensgebiet, *n.* **–e,** field of science
Witterungsverhältnisse, *pl.* atmospheric conditions
wo, where; when
wobei, by which, in which case, whereby
wöchentlich, weekly
wodurch, whereby, through which
woher, from where, whence
wohin, whither, to what (which) place
wohl, well, good; indeed, probably
wohlbekannt, well-known
wohlbestallt, duly installed
wohlriechend, fragrant
Wohltat, *f.* good deed, benefit
Wohnsitz, *m.* **–e,** abode
Wolfram, *m.* (*n.*) tungsten, wolframite (Wo)
Wolframat′, *n.* **–e,** wolframate, tungstate
Wolke, *f.* cloud
Wolle, *f.* wool
wollen (wollte, gewollt), to wish, will, want to
Wollenechtfärberei′, *f.* genuine *or* fast-dyeing of wool
Wollfaden, *m.* **⸚,** wool thread
Wollfarbstoff, *m.* **–e,** wool dyestuff
Wollfaser, *f.* wool fiber
Wollschwarzfärberei′, *f.* black-dyeing of wool
womöglich, if possible
woran, wherein, at which, for which
worauf, whereon, whereupon
woraus, from which
worin, wherein, in which
Wort, *n.* **⸚er** *or* **–e,** word, saying
worüber, above which, concerning which
woselbst, where
wovon, whereof, of which
wozu, whereto, to what, to which
Wunder, *n.* **—,** wonder, miracle
wunderbar, wonderful
wunderlich, strange, odd
Wunsch, *m.* **⸚e,** wish, request

wünschen, to wish, desire
wünschenswert, desirable
würdigen, to appreciate, estimate
Würfel, *m.* —, cube

X

Xanthin′, *n.* xanthine, *a nitrogenous compound,* $C_5H_4O_2N_4$, *present in muscle tissue, the liver, urine, etc. Closely related to uric acid*
Xanthoderivat′, *n.* **–e,** xantho-derivative (*term used to designate a series of yellow cobalt ammine salts*)
Xanthokobaltammin′salz, *n.* **–e,** xanthocobaltic-amino salt (*a salt of the xantho series of the cobalt ammines*)
Xanthokobaltchloronitrat′, *n.* **–e,** xanthocobaltic chloronitrate
Xenon, *n.* xenon (X)

Y

Yorkshire, *a county of northeast England*

Z

zäh (zähe), tough
zähflüssig, viscous, semifluid
Zahl, *f.* number
zählen, to count, reckon
zahlenmäßig, numerical
Zahlenverhältnis, *n.* **–se,** numerical ratio
Zahlenwert, *m.* numerical value
zahllos, numberless, innumerable
zahlreich, numerous
Zahlwort, *n.* **⸗er,** numeral
Zahn, *m.* **⸗e,** tooth
Zahnrad, *n.* **⸗er,** cogwheel
Zahnschmelz, *m.* dental enamel
zart, tender, soft, delicate
Zartheit, *f.* softness, delicacy
zauberhaft, magic
z. B. (zum Beispiel), for example
Zehntel, *n.* —, tenth
Zeichen, *n.* —, sign, symbol
Zeichenlehre, *f.* system of symbols, sematology
zeigen, to show, point
zeisiggrün, siskin-green (*light yellowish green*)
Zeit, *f.* time, period; **mit der —,** in course of time
Zeitalter, *n.* —, age, generation, period
Zeitgenosse, *m.* **–n,** contemporary
Zeitlang, *f.* long time, period
Zeitperio′de, *f.* period of time, era
Zeitraum, *m.* **⸗e,** space of time, period
Zeitschrift, *f.* periodical, magazine
Zeitung, *f.* newspaper
zeitweilig, temporary
Zelle, *f.* cell
Zellstoffmasse, *f.* cellular mass
Zellulith′, *n.* cellulith, *a horn-like substance produced by beating wood pulp with water until the fibrous structure is entirely destroyed, and then drying*
Zelluloid′, *n.* celluloid
Zellulo′se, *f.* cellulose, *a carbo-*

hydrate, a white amorphous mass ($C_{24}H_{20}O_{10}$), *constituting the chief part of the solid framework of plants, wood, linen, paper, etc.*

zellulo'seähnlich, cellulose-like

Zellulo'sefaser, *f.* cellulose fiber

Zement', *m.* (*n.*) -e, cement

Zement'fabrikation', *f.* manufacture of cement

Zement'stahl, *m.* cementation steel

Zentimeter, *m.* (*n.*) —, centimeter

Zentner, *m.* —, hundredweight

zentral', central

Zentral'blatt, *n.* official journal (of an organization)

Zentrifuge, *f.* centrifuge, sling

Zer (Cer), *n.* cerium (Ce)

Zeresin', *n.* ceresine, *a yellow wax, much used as a substitute for beeswax*

zerfallen (ie, a), to fall to pieces, crumble, decompose; fall, be divided

zerfasern, to separate into fibers, rag

zerfließen (o, o), to deliquesce, melt

zergehen (zerging, zergangen), to deliquesce, dissolve

Zerit', *m.* cerite (*hydrous cerium silicate*)

zerkleinern, to reduce to small pieces, pulverize

Zerkleinerung, *f.* reduction, breaking up

zerlegbar, decomposable; divisible

zerlegen, to decompose, divide, take apart

Zerlegung, *f.* decomposition, analysis

Zernitrat', *n.* cerium nitrate, $Ce(NO_3)_4$

zerreiben (ie, ie), to pulverize, triturate

zerreißen (i, i), to tear (to pieces), rend; break

zerschneiden (zerschnitt, zerschnitten), to cut up, cut in pieces

Zersetzbarkeit, *f.* decomposability

zersetzen, to decompose

Zersetzung, *f.* decomposition

zerstören, to destroy, ravage

Zerstörung, *f.* destruction

zerstoßen (ie, o), to knock to pieces, grind, pulverize

Zerstreuungsvermögen, *n.* dispersive power

zerteilen, to divide, decompose

Zerteilung, *f.* division, decomposition

Zeug, *n.* (*m.*) -e, stuff, material

Ziegel, *m.* —, brick

ziehbar, ductile

ziehen (zog, gezogen), to draw, pull, take, get; march, move, go, grow

Ziehung, *f.* drawing, procuring

Ziel, *n.* -e, aim, object, goal, purpose

zielbewußt, practical, far-sighted

ziemlich, rather, quite; **so —,** very nearly, rather

Ziffer, *f.* figure, number

Zigarre, *f.* cigar

Zimmertemperatur', *f.* room temperature

Zimt, *m.* cinnamon

Zink, *n.* zinc (Zn)
Zinkblende, *f.* zinc-blend, sphalerite (ZnS)
Zinkoxyd′, *n.* zinc oxide (ZnO)
Zinksulfat′, *n.* zinc sulphate ($ZnSO_4$)
Zinn, *n.* tin (Sn)
Zinnchlorür′, *n.* stannous chloride ($SnCl_2$)
Zinnober, *m.* cinnabar, *mercuric sulphide,* HgS, *occurring in brilliant red crystals and also in brownish masses*
zinnoberhaltig, cinnabar containing
Zinnoxydul′, *n.* stannous oxide (SnO)
Zipperlein, *n.* gout
Zirkon′erde, *f.* zirconium oxide
zischen, to hiss, sizz, fizz
Zitrat′lösung, *f.* citrate solution
Zitro′nensäure, *f.* citric acid, $C_3H_4OH.(CO_2H)_3$
Zn (Zink), zinc
zögern, to hesitate
Zoll, *m.* ⁼e, toll, duty
zollen, to pay homage to, grant (by way of homage)
Zone, *f.* zone
Zoolog′, *m.* –**en,** zoologist
zu, to, at, for, in, with; too
zu-bringen (brachte, gebracht), to pass, spend
Zucker, *m.* —, sugar
Zuckerart, *f.* kind of sugar; *pl.* sugars
Zuckerfabrik′, *f.* sugar factory
Zuckerfabrikation′, *f.* sugar manufacture
zuckerfrei, free from sugar, sugar-free
Zuckergruppe, *f.* sugar group
Zuckerindustrie′, *f.* sugar industry
Zuckerkristall′, *m.* –**e,** sugar crystal
Zuckerlösung, *f.* sugar solution
Zuckerplanta′ge, *f.* sugar plantation
Zuckerrübe, *f.* sugar beet
Zuckersaft, *m.* sugar liquor, sirup
Zuckerstoff, *m.* –**e,** saccharine matter
Zuckerverbindung, *f.* sugar compound
zueigen (sein), to belong to, be peculiar to
zueinander, to one another, each other
zuerst, at first, first, first of all
Zufall, *m.* ⁼**e,** chance, accident
zufällig, accidental, by chance
zufälligerweise, by chance
zufolge, in consequence of
zufrieden, satisfied
zu-fügen, to add to, do to
Zufuhr, *f.* supply, introduction, addition
zu-führen, to introduce, supply, bring
Zug, *m.* ⁼**e,** pull, strain, stress; train; feature, trait; draft
zu-geben (a, e), to add; admit, concede
zu-gehen (ging, gegangen), to go to; come
zugfest, of great tensile strength
Zugglas, *n.* ⁼**er,** chimney
zugleich, at the same time
zugrunde-legen, to take as a basis

zugute . . . kommen, to be of benefit, aid
zugrunde . . . liegen, to be the foundation, lie at the foundation
Zuhilfenahme, *f.* aid, recourse
Zuhörerschaft, *f.* audience
zu-kommen (kam, gekommen), to approach; be due to, belong to, be peculiar to
Zukunft, *f.* future
zuletzt, at last, lastly
zumal, especially
zumeist, for the most part
zu-mischen, to mix with, admix
zunächst, next, first of all
Zunahme, *f.* increase
Zünder, *m.* **—,** igniter, fuse
Zündholz, *n.* **⸗er,** match
Zündhütchen, *n.* **—,** percussion cap
Zündmaschine, *f.* ignition apparatus
Zündmasse, *f.* ignition substance, primer
Zündmittel, *n.* **—,** igniting agent, primer
Zündsatz, *m.* **⸗e,** priming composition
Zündschnur, *f.* **⸗e,** fuse
Zündung, *f.* ignition, priming
Zündwaren, *pl.* ignition articles, primers
zu-nehmen (nahm, genommen), to increase
zu-neigen (sich), to incline
zu-raunen, to whisper to
zurück, back
zurück-bleiben (ie, ie), to remain behind, be left, be inferior
zurück-bringen (brachte, gebracht), to bring back, reduce
zurück-führen, to lead back, trace back, reduce
zurück-geben (a, e), to give back, return
zurück-gehen (ging, gegangen), to go back, return
zurück-gelangen, to return
zurück-gewinnen (a, o), to regain, win back
zurück-greifen (griff, gegriffen); **— auf,** to go back to
zurück-halten (ie, a), to hold back, retain
zurück-kehren, to return
zurück-kommen (a, o), to come back, return
zurück-lassen (ie, a), to leave behind
zurückliegend, far away, remote
zurück-scheuen, to be in fear of, avoid
zurück-stehen (stand, gestanden), to stand back, be inferior
zurück-ziehen (zog, gezogen), to withdraw, retire
zusammen, together
Zusammenarbeit, *f.* working together, cooperation
zusammen-arbeiten, to work together, stick together
zusammen-bringen (brachte, gebracht), to bring together, combine
zusammen-fassen, to sum up, epitomize; comprehend
zusammen-fließen (o, o), to flow together, fuse

zusammen-fügen, to join, assemble, construct
zusammengehörig, belonging together, correlated
zusammengesetzt, composite, compound
Zusammenhalt, *m.* cohesion
Zusammenhang, *m.* **⸚e,** connection, coherence, relation, association
zusammen-hangen (i, a), to cohere, be connected
zusammen-kommen (a, o), to come together, meet
zusammen-legen, to put together
zusammen-pressen, to compress
zusammen-rühren, to stir *or* beat together
zusammen-schließen (o, o), to join together, connect
zusammen-schmelzen (o, o), to melt (together), fuse
zusammen-schweißen, to weld together
zusammen-setzen, to compose, combine
Zusammensetzung, *f.* composition; synthesis
zusammen-stellen, to put together, combine, classify
Zusammenstellung, *f.* putting together, mixing, classification
zusammen-treten (a, e), to come together, unite
zusammen-wirken, to work together, cooperate
zusammen-ziehen (zog, gezogen), to draw together, contract
Zusammenziehung, *f.* contraction
Zusatz, *m.* **⸚e,** addition, suffix, admixture, supplement
zu-schmelzen (o, o), to close by melting, seal hermetically
zu-schreiben (ie, ie), to attribute, ascribe to, add
zu-setzen, to add, mix with
zu-spitzen, to point, taper
zu-sprechen (a, o), to adjudge, accord
Zustand, *m.* **⸚e,** state, condition
zustande-kommen (kam, gekommen), to occur, take place
Zustandekommen, *n.* success
Zustandsgleichung, *f.* equation of state *or* condition
zu-stimmen, to assent, concur with
zutage-treten (a, e), to come to light, become evident
zuteil; jemandem etwas — werden, to fall to a person's lot *or* share; **jemandem etwas — werden lassen,** to allot, grant
Zutritt, *m.* access
zuverlässig, reliable
zuviel, too much, in excess
zuvor, previously
zuwege (bringen), to bring about, effect
zuweilen, sometimes
zu-wenden (wandte, gewandt), to turn to *or* toward; **sich —,** apply oneself
zu-ziehen (zog, gezogen), to draw to, draw down upon
Zwanzigstel, *n.* **—,** twentieth
zwar, indeed, to be sure

Zweck, *m.* –e, purpose, object
zweckmäßig, suitable, practical, advantageous, expedient
Zweckmäßigkeit, *f.* suitableness, fitness, expediency
Zweckmäßigkeitsgrund, *m.* ⸗e, suitable reason
zwecks, for the purpose of
zwei, two
zweiatomig, diatomic
zweierlei, two different kinds *or* ways
Zweifel, *m.* —, doubt
zweifellos, doubtless
Zweig, *m.* –e, branch, twig
zweigestaltig, of two shapes, dimorphous
zweimal, twice
zweit, second
zweitens, secondly
zweiwertig, bivalent, divalent
Zwiebel, *f.* onion
zwingen (a, u), to force, compel, coerce
zwischen, between
Zwischenstufe, *f.* intermediate stage *or* step
Zwischenzeit, *f.* intervening time
Zyan′, *n.* cyan, cyanogen (CN)
Zyan′kalium, *n.* potassium cyanide (KCN)
zyklisch, cyclic
Zylin′der, *m.* —, cylinder


ADVERTISEMENTS



Heath's Modern Language Series

GERMAN GRAMMARS AND READERS.

Ball's German Drill Book. Companion to any grammar.
Ball's German Grammar.
Bishop and McKinlay's Deutsche Grammatik.
Deutsches Liederbuch. With music.
Foster's Geschichten und Märchen. For young children.
Fraser and Van der Smissen's German Grammar.
Greenfield's Grammar Summary and Word List.
Guerber's Märchen und Erzählungen.
Haertel and Cast's Elements of Grammar for Review.
Harris's German Composition.
Harris's German Lessons.
Hastings' Studies in German Words.
Heath's German Dictionary.
Hewitt's Practical German Composition.
Holzwarth's Gruss aus Deutschland.
Huebsch-Smith's Progressive Lessons in German.
Huebsch-Smith's Progressive Lessons in German. Rev.
Huss's German Reader.
Jones's Des Kindes erstes Lesebuch
Joynes-Meissner German Grammar.
Joynes and Wesselhoeft's German Grammar.
Krüger and Smith's Conversation Book.
Manfred's Ein praktischer Anfang.
Méras' Ein Wortschatz.
Mosher and Jenney's Lern- und Lesebuch.
Pattou's An American in Germany. A conversation book.
Schmidhofer's Lese-Übungen für Kinder.
Schmidhofer's Erstes Lesebuch.
Schmidhofer's Zweites Lesebuch.
Spanhoofd's Elementarbuch der deutschen Sprache.
Spanhoofd's Erstes deutsches Lesebuch.
Spanhoofd's Lehrbuch der deutschen Sprache.
Wallentin's Grundzüge der Naturlehre (Palmer).
Wesselhoeft's Elementary German Grammar.
Wesselhoeft's Exercises. Conversation and composition.
Wesselhoeft's German Composition
Zinnecker's Deutsch für Anfänger.

Heath's Modern Language Series

ELEMENTARY GERMAN TEXTS. (Partial List.)

Andersen's Bilderbuch ohne Bilder (Bernhardt). Vocabulary.
Andersen's Märchen (Super). Vocabulary.
Aus der Jugendzeit (Betz). Vocabulary and exercises.
Baumbach's Nicotiana (Bernhardt). Vocabulary.
Baumbach's Waldnovellen (Bernhardt). Six stories. Vocabulary.
Benedix's Der Prozess (Wells). Vocabulary.
Benedix's Nein (Spanhoofd). Vocabulary and exercises.
Blüthgen's Das Peterle von Nürnberg (Bernhardt). Vocab. and exs.
Bolt's Peterli am Lift (Betz). Vocabulary and exercises.
Campe's Robinson der Jüngere (Ibershoff). Vocabulary.
Carmen Sylva's Aus meinem Königreich (Bernhardt). Vocabulary.
Die Schildbürger (Betz). Vocabulary and exercises.
Der Weg zum Glück (Bernhardt). Vocabulary and exercises.
Deutscher Humor aus vier Jahrhunderten (Betz). Vocab. and exercises.
Elz's Er ist nicht eifersüchtig (Wells). Vocabulary.
Gerstäcker's Germelshausen (Lewis). Vocabulary and exercises.
Goethe's Das Märchen (Eggert). Vocabulary.
Grimm's Märchen and Schiller's Der Taucher (Van der Smissen).
Hauff's Das kalte Herz (Van der Smissen). Vocab. Roman type.
Hauff's Der Zwerg Nase (Patzwald and Robson). Vocab. and exs.
Heyse's L'Arrabbiata (Deering-Bernhardt). Vocab. and exercises.
Heyse's Niels mit der offenen Hand (Joynes). Vocab. and exercises.
Hillern's Höher als die Kirche (Clary). Vocabulary and exercises.
Leander's Träumereien (Van der Smissen). Vocabulary.
Münchhausen: Reisen und Abenteuer (Schmidt). Vocabulary.
Rosegger's Der Lex von Gutenhag (Morgan). Vocab. and exercises.
Salomon's Die Geschichte einer Geige (Tombo). Vocab. and exercises.
Schiller's Der Neffe als Onkel (Beresford-Webb). Vocabulary.
Spyri's Moni der Geissbub (Guerber). Vocabulary.
Spyri's Rosenresli (Boll). Vocabulary.
Spyri's Was der Grossmutter Lehre bewirkt (Barrows). Vocab. and exs.
Storm's Geschichten aus der Tonne (Vogel). Vocab. and exs.
Storm's Immensee (Bernhardt). Vocabulary and exercises.
Storm's In St. Jürgen (Wright). Vocabulary and exercises.
Storm's Pole Poppenspäler (Bernhardt). Vocab. and exercises.
Till Eulenspiegel (Betz). Vocabulary and exercises.
Volkmann's Kleine Geschichten (Bernhardt). Vocabulary.
Zschokke's Der zerbrochene Krug (Joynes). Vocabulary and exercises.

Heath's Modern Language Series

INTERMEDIATE GERMAN TEXTS. (Partial List.)

Arndt, Deutsche Patrioten (Colwell). Vocabulary.
Benedix's Die Hochzeitsreise (Schiefferdecker). Vocabulary.
Böhlau's Ratsmädelgeschichten (Haevernick). Vocabulary.
Chamisso's Peter Schlemihl (Primer). Vocabulary.
Deutsche Gedichte und Lieder (Roedder and Purin). Vocabulary.
Eichendorff's Aus dem Leben eines Taugenichts (Osthaus). Vocab.
Ernst's Asmus Sempers Jugendland (Osthaus). Vocabulary.
Goethe's Hermann und Dorothea (Adams). Vocabulary.
Goethe's Sesenheim (Huss). From *Dichtung und Wahrheit*. Vocab.
Hauff's Lichtenstein (Vogel). Abridged.
Heine's Die Harzreise (Vos). Vocabulary.
Hoffmann's Historische Erzählungen (Beresford-Webb).
Jensen's Die braune Erica (Joynes). Vocabulary.
Keller's Fähnlein der sieben Aufrechten (Howard). Vocabulary.
Keller's Romeo und Julia auf dem Dorfe (Adams). Vocabulary.
Lambert's Alltägliches. Vocabulary and exercises.
Lohmeyer's Geissbub von Engelberg (Bernhardt). Vocab. and exs.
Lyrics and Ballads (Hatfield).
Meyer's Gustav Adolfs Page (Heller).
Mosher's Willkommen in Deutschland. Vocabulary and exercises.
Novelletten-Bibliothek (Bernhardt).
Raabe's Eulenpfingsten (Lambert). Vocabulary.
Riehl's Burg Neideck (Jonas). Vocabulary and exercises.
Rogge's Der grosse Preussenkönig (Adams). Vocabulary.
Schiller's Der Geisterseher (Joynes). Vocabulary.
Schiller's Dreissigjähriger Krieg (Prettyman). Book III.
Selections for Sight Translation (Mondan).
Shorter German Poems (Hatfield). Vocabulary.
Spielhagen's Das Skelett im Hause (Skinner). Vocabulary.
Stifter's Das Haidedorf (Heller).
Stökl's Alle fünf (Bernhardt). Vocab. and exercises.
Unter dem Christbaum (Bernhardt).
Wildenbruch's Das edle Blut (Schmidt). Vocab. and exercises.
Wildenbruch's Der Letzte (Schmidt). Vocab. and exercises.
Wildenbruch's Neid (Prettyman). Vocabulary.
Zschokke's Das Abenteuer der Neujahrsnacht (Handschin). Vocab.
Zschokke's Das Wirtshaus zu Cransac (Joynes). Vocab. and exs.

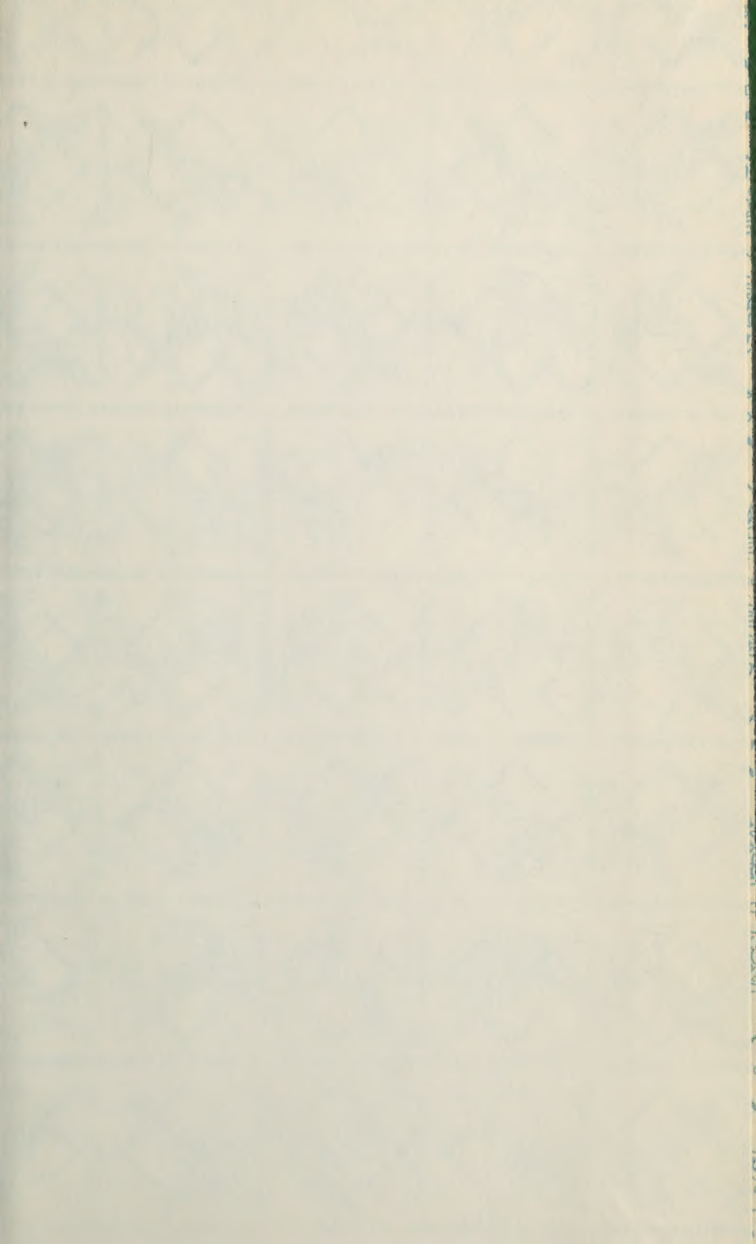
Heath's Modern Language Series

INTERMEDIATE GERMAN TEXTS. (Partial List.)

Arnold's Aprilwetter (Fossler). Vocabulary.
Arnold's Fritz auf Ferien (Spanhoofd). Vocab. and exercises.
Arnold's Menne im Seebad (Thomas). Vocab. and exercises.
Auf der Sonnenseite (Bernhardt). Vocabulary.
Baumbach's Das Habichtsfräulein (Bernhardt). Vocab. and exs.
Baumbach's Der Schwiegersohn (Bernhardt).
Baumbach's Die Nonna (Bernhardt). Vocabulary.
Drei kleine Lustspiele (Wells). Vocabulary and exercises.
Ebner-Eschenbach's Die Freiherren von Gemperlein (Hohlfeld).
Freytag's Die Journalisten (Toy). Vocabulary.
Frommel's Eingeschneit (Bernhardt). Vocabulary.
Frommel's Mit Ränzel und Wanderstab (Bernhardt). Vocab. and exs.
Fulda's Der Talisman (Prettyman). Vocabulary.
Gerstäcker's Der Wilddieb (Myers). Vocabulary and exercises.
Gerstäcker's Irrfahrten (Sturm). Vocabulary.
Grillparzer's Der arme Spielmann (Howard). Vocabulary.
Heyse's Das Mädchen von Treppi (Joynes). Vocab. and exercises.
Heyse's Hochzeit auf Capri (Bernhardt). Vocab. and exercises.
Hoffmann's Gymnasium zu Stolpenburg (Buehner). Vocabulary.
Keller's Die drei gerechten Kammacher (Collings). Vocabulary.
Keller's Kleider machen Leute (Lambert). Vocabulary.
Liliencron's Anno 1870 (Bernhardt). Vocabulary.
Moser's Der Bibliothekar (Wells). Vocabulary.
Moser's Köpnickerstrasse 120 (Wells).
Riehl's Das Spielmannskind (Eaton). Vocabulary and exercises.
Riehl's Der Fluch der Schönheit (Thomas). Vocabulary.
Schiller's Das Lied von der Glocke (Chamberlin). Vocabulary.
Schiller's Jungfrau von Orleans (Wells). Illus. Vocab.
Schiller's Maria Stuart (Rhoades). Illustrated.
Schiller's Wilhelm Tell (Deering). Illustrated. Vocab.
Seidel: Aus goldenen Tagen (Bernhardt). Vocab. and exercises.
Seidel's Leberecht Hühnchen (Spanhoofd). Vocabulary.
Selections for Sight Translation (Deering).
Stern's Die Wiedertäufer (Sturm). Vocabulary and exercises.
Stille Wasser (Bernhardt). Three tales. Vocabulary.
Wichert's Als Verlobte empfehlen sich (Flom). Vocabulary.
Wilbrandt's Das Urteil des Paris (Wirt).








NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE
U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service
Bethesda, Md.


NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE
U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service
Bethesda, Md.

